

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

Костянтин Задорожний, Ольга Безроднова,
Максим Рудич



Біологія

З ПОГЛИБЛЕНИМ ВИВЧЕННЯМ БІОЛОГІЇ

9



Задорожний К. М., Безроднова О. В., Рудич М. В.

Біологія

«Біологія»

підручник для 9 класу з поглибленим вивченням біології
закладів загальної середньої освіти

Видавництво «Ранок»

Костянтин Задорожний
Ольга Безроднова
Максим Рудич

Біологія

Підручник для 9 класу
з поглибленим вивченням біології
закладів загальної середньої освіти

Харків
Видавництво «Ранок»

Знайомство з підручником.....	5
-------------------------------	---

Вступ

§ 1. Біологія як наука. Рівні організації живих систем.....	6
Узагальнення знань за темою «Вступ»	8

Тема 1. Хімічний склад клітини та біологічні молекули

§ 2. Речовини живих організмів. Неорганічні сполуки.....	10
§ 3. Органічні молекули. Біополімери	12
§ 4. Білки. Структурна організація білків ...	14
§ 5. Функції білків. Ферменти	16
§ 6. Вуглеводи та ліпіди	18
§ 7. Нуклеїнові кислоти	20
§ 8. Макроергічні сполуки. Молекулярні мотори.....	22
Узагальнення знань за темою «Хімічний склад клітини та біологічні молекули»	26

Тема 2. Структура клітини

§ 9. Методи дослідження клітин	28
§ 10. Структура клітини. Клітинні мембрани.....	30
§ 11. Органели клітин.....	32
§ 12. Різноманіття клітин	34
Узагальнення знань за темою «Структура клітини»	36

Тема 3. Принципи функціонування клітини

§ 13. Обмін речовин та енергії в клітинах. Розщеплення речовин	38
§ 14. Клітинне дихання	40
§ 15. Фотосинтез	42
§ 16. Хемосинтез	44
§ 17. Синтетичні процеси в клітинах та організмах.....	46
Узагальнення знань за темою «Принципи функціонування клітини» ...	48

Тема 4. Збереження та реалізація спадкової інформації

§ 18. Гени. Будова генів.....	50
§ 19. Геноми	52
§ 20. Реалізація спадкової інформації. Транскрипція та дозрівання РНК	54
§ 21. Генетичний код. Трансляція	56
§ 22. Реплікація та репарація ДНК	58
§ 23. Ділення клітин. Клітинний цикл. Мітоз.....	60
§ 24. Мейоз. Рекомбінація ДНК. Генетичне та епігенетичне спадкування	62

§ 25. Розмноження живих організмів.....	64
§ 26. Статеві клітини та запліднення	66
§ 27. Закономірності індивідуального розвитку. Життєві цикли.....	68
Узагальнення знань за темою «Збереження та реалізація спадкової інформації»	70

Тема 5. Закономірності успадкування ознак

§ 28. Генотип та фенотип. Алелі. Методи генетичних досліджень.....	72
§ 29. Закони Менделя.....	74
§ 30. Ознака як результат взаємодії генів	78
§ 31. Зчеплене успадкування і кросинговер	80
§ 32. Генетика статі й успадкування, зчеплене зі статтю.....	82
§ 33. Форми мінливості.....	84
§ 34. Мутації.....	86
§ 35. Спадкові захворювання людини. Генетичне консультування	88
§ 36. Сучасні методи молекулярної генетики.....	90
Узагальнення знань за темою «Закономірності успадкування ознак» ...	92

Тема 6. Еволюція органічного світу

§ 37. Розвиток еволюційних поглядів та докази еволюції	94
§ 38. Популяція організмів як одиниця еволюції	96
§ 39. Еволюційні фактори	98
§ 40. Механізми видоутворення	100
§ 41. Питання походження життя	102
§ 42. Історичний розвиток життя.....	100
§ 43. Еволюція людини. Основні етапи	106
§ 44. Еволюція людини. Механізми антропогенезу	108
Узагальнення знань за темою «Закономірності успадкування ознак» ...	110

Тема 7. Біорізноманіття

§ 45. Основи еволюційної філогенії та систематики	112
§ 46. Основні групи організмів. Макросистема органічного світу	
§ 47. Основні еукаріотичні таксони	
§ 48. Поняття про вид. Концепції виду	
§ 49. Класифікація та номенклатура	
§ 50. Міжнародні кодекси номенклатур	
§ 51. Міжнародні банки генетичної інформації. Пошукові системи	
§ 52. Різноманітність органічного світу	
Узагальнення знань за темою «Біорізноманіття»	

Тема 8. Надорганізмові біологічні системи

- § 53. Екосистема. Різноманітність екосистем
- § 54. Харчові зв'язки, потоки енергії та колообіг речовин в екосистемах
- § 55. Біотичні, абіотичні та антропогенні фактори
- § 56. Стабільність екосистем та причини її порушення
- § 57. Біосфера як цілісна система
- § 58. Захист та збереження біосфери
Узагальнення знань за темою
«Надорганізмові біологічні системи»

Тема 9. Різноманітність біоти України та принципи і підходи до її збереження

- § 59. Природні зони України
- § 60. Червона та Зелена Книги України
- § 61. Природно-заповідний фонд України. Основи заповідної справи
- § 62. Національні парки, біосферні та природні заповідники
- § 63. Заказники та пам'ятки природи
- § 64. Збереження біорізноманіття в штучних умовах
- § 65. Проблеми біологічних інвазій
- § 66. Екосистеми та ландшафти України особливого значення
Узагальнення знань за темою
«Різноманітність біоти України та принципи і підходи до її збереження»

Тема 10. Біорізноманітність Українського Полісся

- § 67. Українське Полісся. Біота
- § 68. Українське Полісся. Природні комплекси
- § 69. Українське Полісся. Охорона біорізноманіття
Узагальнення знань за темою
«Біорізноманітність Українського Полісся»

Тема 11. Біорізноманітність лісостепу

- § 70. Лісостеп. Біота
- § 71. Лісостеп. Природні комплекси
- § 72. Лісостеп. Охорона біорізноманіття
Узагальнення знань за темою
«Біорізноманітність лісостепу»

Тема 12. Біорізноманітність українських степів

- § 73. Український степ. Біота
- § 74. Український степ. Природні комплекси ..

- § 75. Український степ. Охорона біорізноманіття
Узагальнення знань за темою
«Біорізноманітність українських степів»

Тема 13. Біорізноманітність Українських Карпат

- § 76. Українські Карпати. Біота
- § 77. Українські Карпати. Природні комплекси
- § 78. Українські Карпати. Охорона біорізноманіття
Узагальнення знань за темою
«Біорізноманітність Українських Карпат» ...

Тема 14. Біорізноманітність Гірського Криму

- § 79. Гірський Крим. Біота
- § 80. Гірський Крим. Природні комплекси
- § 81. Гірський Крим. Охорона біорізноманіття
Узагальнення знань за темою
«Біорізноманітність Гірського Криму»

Тема 15. Біорізноманітність Чорного та Азовського морів

- § 82. Моря України. Біота
- § 83. Моря України. Природні комплекси
- § 84. Моря України. Охорона біорізноманіття. Узагальнення знань за темою
«Біорізноманітність Чорного та Азовського морів»

Тема 16. Біологія як основа біотехнології та медицини

- § 85. Одомашнення рослин та тварин
- § 86. Поняття про селекцію
- § 87. Традиційні та сучасні біотехнології
- § 88. Генетично модифіковані організми
- § 89. Роль генетичної інженерії в сучасних біотехнологіях і медицині
Узагальнення знань за темою
«Біологія як основа біотехнології та медицини»

Узагальнення

- § 90. Основні загальні властивості живих систем

Практикум

Біологи й біологині України

Видатні науковиці, які працюють (працювали) у галузі біології

Словник

Знайомство з підручником

Шановні дев'ятикласники й дев'ятикласниці!

Перед вами новий підручник із біології, котрий стане надійним помічником у вивченні цієї науки. Він містить увесь необхідний матеріал, який ви, сподіваємося, успішно засвоюватимете протягом цього навчального року.

Пропонуємо ознайомитися зі структурою підручника та основними принципами розташування матеріалу в ньому.

- Кожний параграф займає один розворот. Це дуже зручно, бо весь матеріал — перед очима.

- На початку параграфів пропонуємо пригадати засвоєний раніше матеріал, перш ніж вивчати новий.

- Усі параграфи закінчуються двома рубриками: «Ключова ідея» — це головна думка й висновок — і «Перевірте свої знання» — перевірка засвоєного матеріалу (зірочкою * позначено запитання, над якими слід поміркувати, чи завдання, яке можна виконати за бажанням).

- Багато інформації подано у вигляді схем, таблиць та ілюстрацій. Вони полегшать сприйняття й запам'ятовування нового матеріалу.

Кожна тема закінчується узагальнювальним розворотом, де стисло подано матеріал для повторення, а також пропонуються компетентнісно орієнтовані завдання за темою. Це завдання проблемно-пошукового змісту, на які, можливо, буде непросто одразу дати відповідь. Обміркуйте їх у вільний час, зверніться до додаткових джерел інформації. Завдання можна виконувати індивідуально, парами або малими групами. Деякі з них можна взяти як основу для проєктної роботи. Утім, наголошуємо, що завдання не є обов'язковими для виконання.

А тепер — найцікавіше! Особливістю цього підручника є те, що він інтерактивний. На його сторінках ви знайдете QR-коди — посилання на електронні освітні ресурси. Це додаткові матеріали до параграфів, короткі відеолекції від провідних українських науковців і науковиць, анімації, скрайбінги, мобільні ігри, 3D-моделі. Також у кінці кожної теми є посилання на тестові завдання для самоконтролю знань. Тестування відбувається в онлайн-режимі. Відразу після виконання завдань ви отримаєте результат, за яким зможете оцінити свої знання за вивченою темою.

Переглянути матеріал під QR-кодами можна за допомогою спеціальних безкоштовних застосунків, які є у вільному доступі й легко встановлюються на планшет або смартфон.

Сподіваємося, що вам буде зручно й легко працювати за нашим підручником. Бажаємо вам успіхів у навчанні!

Умовні позначення в підручнику



— Поміркуйте



— Згадайте



— Дізнайтеся більше



— Ключова ідея



— Перевірте свої знання

§ 1. Біологія як наука. Рівні організації живих систем



? Поміркуйте

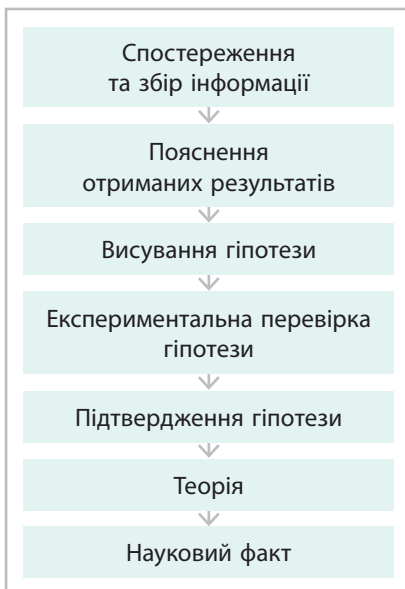
Коли люди почали вивчати живі організми?

← Згадайте

- Особливості будови ссавців
- Поняття «здоров'я», здоровий спосіб життя

Біологія (від давньогрец. *bios* — життя, *logos* — учення) — це наука про життя.

Етапи наукового дослідження



Біологія як наука

Як і будь-яка інша наука, біологія має об'єкт — живі організми, — який вона вивчає, і методи, якими вона користується для його вивчення. Крім того, біологія використовує власний понятійний апарат — сукупність термінів і понять, які вчені-біологи та біологині використовують у своїй роботі.

Але не лише наявність усього цього робить біологію наукою. Біологія у своїй роботі спирається не на віру, а на сумнів. Біологи постійно піддають сумніву отриману інформацію. Вони багаторазово її перевіряють, пропонують пояснення отриманих результатів і висувають гіпотези.

І тільки після експериментального підтвердження гіпотеза стає науковою теорією і нарешті науково обґрунтованим фактом.

Предмет біології, її основні галузі

Предметом біології є різноманітні прояви життєдіяльності: хімічні елементи, молекули, процеси в живих організмах, їхня будова й поведінка, зародження життя та його розвиток, виникнення видів, формування угруповань, збереження життя на Землі та багато інших. Тому сучасна біологія стала справжньою системою наук, у якій виокремлюють багато галузей: ботаніку, зоологію, мікологію, генетику, біохімію, екологію тощо.

Рівні організації біологічних систем

Характерною особливістю всіх біологічних систем є наявність у них кількох рівнів організації. Кожен рівень — це певна система, і він становить собою елемент наступного рівня, який є більш складною системою. Тож світ живого організований у вигляді ланцюга, що складається з ланок, складність яких зростає (мал. 1.1). Цей ланцюг починається з атомів. Вони є складовими наступного рівня організації — молекул. Молекули, своєю чергою, об'єднуються в клітини,



Мал. 1.1. Деякі рівні організації біологічних систем

Біосфера



Рівні організації життя

Рівень організації	Які компоненти об'єднує
Молекулярний	Групи атомів, об'єднаних у молекули
Клітинний	Молекули та органели клітин
Тканинно-органний	Клітини, тканини й окремі органи живих організмів
Організмовий	Системи органів живих організмів
Популяційно-видовий	Особини окремих видів живих організмів
Екосистемний	Популяції різних видів живих організмів
Біосферний	Усі екосистеми планети Земля



Мал. 1.2. Експериментальне вивчення впливу світла та температури на ріст рослин у лабораторних умовах

які є складовими тканин і органів. І так далі. Найвищою ланка — це біосфера Землі (докладніше про це див. таблицю «Рівні організації життя»).

Проте не всі живі системи мають однакову кількість рівнів організації. Так, в одноклітинних організмів (амеб, інфузорій, хламідомонад) відсутній тканинно-органний рівень, а у вірусів — ще й клітинний рівень організації.

Основні методи біологічних досліджень

Як і будь-яка наука, біологія має свої методи досліджень. Цих методів дуже багато. Деякі з них з'явилися достатньо давно, а деякі стали можливими лише з появою сучасних технологій.

Найстарішим методом біології можна назвати спостереження. Саме з нього біологія й починалася, коли наші предки спостерігали за тваринами, щоб їх потім уполювати. Спостереження — це основа описового методу біології, адже її результатом є саме опис біологічного об'єкта, процесу або явища.

Дуже давнім методом біології є також порівняння, коли об'єкт дослідження порівнюють з іншими об'єктами. Але справжньою наукою біологія стала тоді, коли вчені-біологи та біологині почали проводити експерименти. Експеримент і зараз залишається головним методом у біології (мал. 1.2). На відміну від спостереження, експеримент передбачає активну взаємодію з досліджуванним об'єктом. Зазвичай він проводиться в рамках певного дослідження в довільно вибраних або спеціально створених умовах. Метою експерименту є встановлення причинно-наслідкових зв'язків між процесами та явищами. Аби результати експериментів можна було правильно пояснити й порівняти між собою, проводять кількісну математичну (статистичну) обробку результатів. Вона є основою статистичного методу в біології.

На сьогодні дуже важливими методами біологічних досліджень стали моніторинг і моделювання. **Моніторинг** — це ціла система спостережень за біологічними об'єктами, які проводять із певною періодичністю. **А моделювання** — створення моделей біологічних систем із різними характеристиками.



Ключова ідея

Біологія є системою наук, яка об'єднує багато галузей. Предметом вивчення біології є живі організми (сучасні й вимерлі), їхні угруповання, процеси й прояви їхньої життєдіяльності. Біологія використовує низку методів для вивчення своїх об'єктів: описовий, порівняльний, експериментальний, моделювання тощо. Біологічні організми — це біологічні системи, у яких виділяють кілька рівнів організації.



Перевірте свої знання

1. Що таке біологія? Що є об'єктом біології?
2. Наведіть приклади біологічних систем, що перебувають на різних рівнях організації.
3. На прикладі будь-якої домашньої тварини поясніть, за допомогою яких методів дослідження можна вивчити особливості її поведінки.
- 4*. Порівняйте метод експерименту і моделювання (об'єкти, умови, результати). У яких випадках доцільно створювати моделі живого?

Узагальнення знань за темою «Вступ»

Основні біологічні науки

Біологія об'єднує науки про життя на різних рівнях його організації.

Галузі біології	Що вивчає?
Молекулярна біологія	Процеси, що відбуваються на молекулярному рівні
Цитологія	Клітини
Гістологія	Тканини
Ембріологія	Зародковий етап організмів
Вірусологія	Віруси
Генетика	Спадковість та мінливість
Екологія	Взаємозв'язки організмів із довкіллям
Еволюційне вчення	Історичний розвиток живих об'єктів
Палеонтологія	Вимерлі організми
Філогенія	Процеси історичного розвитку рослинного й тваринного світу
Систематика	Видову різноманітність живого
Ботаніка	Рослини
Мікологія	Гриби
Зоологія	Тварин
Бактеріологія	Прокаріотичні організми
Морфологія та анатомія	Зовнішню та внутрішню будову організмів
Фізіологія	Процеси життєдіяльності організмів

Гра-сортування «Біологічні науки»



Інтегровані біологічні науки

У багатьох біологічних дослідженнях використовують підходи з інших галузей знань, завдяки чому з'явилися нові науки.

Галузь біології	Що вивчає?
Біохімія	Хімічний склад та процеси в живих організмах
Біофізика	Фізичні процеси та явища, що проходять у живих організмах на різних рівнях їх організації
Біогеографія	Поширення живих організмів на Земній кулі
Соціоекологія	Взаємозв'язки людини з навколишнім середовищем
Космічна біологія	Особливості життєдіяльності організмів в умовах космічних апаратів
Радіобіологія	Уплив іонізуючих випромінювань на біосистеми
Кріобіологія	Уплив холоду на живі організми

Біологічні дослідження стали основою таких галузей наукової і практичної діяльності, як біотехнологія, селекція, медицина, фармакологія та біоніка.

Компетентнісно орієнтовані завдання

1 Уважно розгляньте біологічні об'єкти. З'ясуйте, які галузі біології їх вивчають.



2 Поміркуйте, чому ми називаємо звичайного собаку живою істотою, а фотографію чи скульптурне зображення тієї ж самої собаки неживим. За допомогою діаграми Венна поясніть відмінні та спільні ознаки неживих та живих об'єктів.



3 Поясніть, до яких біологічних методів можна віднести запропоновані твердження.

- Вивчення розумової діяльності собаки
- Розпускання квітів
- Вивчення впливу абіотичних факторів на проростання насінини
- Гра ведмежат
- Вивчення видового складу степової природної зони
- Вивчення фізичного навантаження на роботу м'язів
- Створення моделі вірусів
- Вивчення зміни популяції королівських пінгвінів
- Визначення схожості насіння пшениці різних сортів.

4 Створіть і заповніть таблицю «Властивості біосистем».

№ з/п	Властивість	Характеристика	Приклад



Тестові завдання за темою «Вступ»

Тема 1. Хімічний склад клітини та біологічні молекули

§ 2. Речовини живих організмів. Неорганічні сполуки



? Поміркуйте

Яке значення мають водні розчини в природі та для людини?

← Згадайте

- Які речовини потрібні організмам для їх життєдіяльності?
- Що таке йони і як вони утворюються?

Хімічні елементи живих організмів

До складу рослинних і тваринних клітин входить понад 70 хімічних елементів. Але в клітині немає якихось елементів, характерних лише для живої природи. Ці самі елементи трапляються й у неживій природі.

Усі хімічні елементи за вмістом у живій клітині поділяють на три групи: макроелементи, мікроелементи й ультрамікроелементи (див. таблицю нижче).

Уміст хімічних елементів у живих клітинах

Група елементів	Хімічні символи елементів	Відсоток від маси організму, %
Макроелементи	H, O, C, N, P, S, Na, K, Mg, Ca, Cl, Fe	10–0,001
Мікроелементи	Cu, Zn, Mn, Co, I, F, Ni та інші	0,001–0,000001
Ультрамікроелементи	Au, Se, Hg, U, Ra та інші	Менш ніж 0,000001

Елементи O, C, H, N інколи розглядають як окрему групу органогенних елементів, бо вони входять до складу всіх органічних речовин і складають до 98 % маси живої клітини.

Неорганічні речовини живих організмів

Вивчаючи хімію, ви дізналися про такі групи речовин, як кислоти, солі, оксиди тощо. Усі вони поширені в неживій природі, поза живими організмами. Тому й називають їх неорганічними речовинами. Та це не означає, що неорганічних речовин узагалі в живих організмах немає. Вони є й відіграють дуже важливу роль у процесах життєдіяльності.

Неорганічні речовини зазвичай потрапляють у живі організми із зовнішнього середовища з їжею (у тварин) або з розчином води через поверхню організму (у рослин, грибів і бактерій). Але в деяких випадках живі організми можуть їх синтезувати самостійно. Функції неорганічних речовин є достатньо різноманітними, й про це докладніше в таблиці.

Функції неорганічних речовин у клітині

Неорганічні речовини	Функції в клітині
Катіони Гідрогену (H^+)	Використовуються в біохімічних реакціях
Катіони та аніони розчинних солей	Створюють різницю потенціалів між вмістом клітини і навколишнім середовищем, забезпечують проведення нервового імпульсу
Слаборозчинні солі Кальцію та Фосфору	Утворюють опорні структури (наприклад, у кістках хребетних)
Йони металічних елементів	Є компонентами багатьох гормонів, ферментів та вітамінів або беруть участь у їх активації
Складні неорганічні сполуки Нітрогену, Сульфору та Фосфору	Беруть участь у синтезі органічних молекул

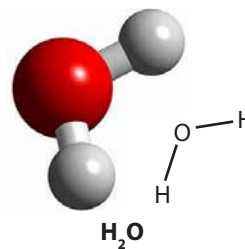


Властивості води

Властивості води зумовлені особливостями будови її молекули, а також зв'язком молекул між собою (мал. 2.1).

Як ви вже знаєте, у молекулі води (хімічна формула — H_2O) між атомами Гідрогену й Оксигену існує ковалентний полярний зв'язок. Це зумовлює появу на атомі Оксигену певного негативного електричного заряду (δ^-), а на атомах Гідрогену — позитивного (δ^+). Саме тому позитивно заряджений атом Гідрогену однієї молекули води притягується до негативно зарядженого атома Оксигену іншої молекули води. Такий зв'язок має назву водневого (мал. 2.2).

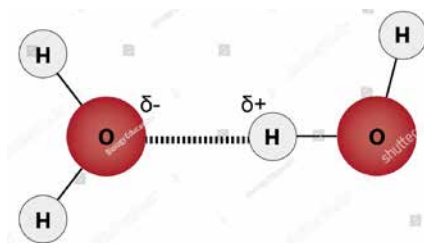
Водневий зв'язок приблизно в 15–20 разів слабший за ковалентний. Тому водневий зв'язок відносно легко розривається, що відбувається, наприклад, під час випаровування води. За рідкого стану води водневі зв'язки між її молекулами постійно розриваються й утворюються нові.



Мал. 2.1. Будова молекули води

Властивості води

- Має велику теплоємність
- Має високу теплопровідність
- У твердому агрегатному стані має меншу густину, ніж у рідкому
- Кипить за $t = 100^\circ\text{C}$, замерзає за $t = 0^\circ\text{C}$
- Має високу теплоту випаровування
- Гарний розчинник
- У рідкому стані є прозорою рідиною
- Відзначається великим поверхневим натягом



Мал. 2.2. Водневий зв'язок

Біологічна роль води

У живих організмах вода виконує багато функцій: розчинну, транспортну, метаболічну, терморегуляторну, структурну.

Вода є універсальним розчинником. Речовини, які беруть участь у більшості біологічних реакцій, перебувають в організмі у водному розчині.

Дуже важливою для клітин та організмів у цілому є також транспортна роль води. У вигляді водного розчину речовини разом із водою можуть транспортуватися з одних частин клітини в інші. А між різними частинами багатоклітинних організмів вони транспортуються у складі спеціальних рідин (наприклад, у складі крові). Випаровування води листками рослин спричиняє її рух від коренів угору. При цьому переміщуються й розчинені у воді речовини.



Ключова ідея

У живих організмах містяться як органічні, так і неорганічні речовини. Неорганічні речовини — це хімічні елементи, вода, солі, кислоти та інші сполуки. Вони відіграють важливу роль у життєдіяльності живих організмів. Вода створює середовище, у якому відбуваються реакції обміну речовин. Інші неорганічні речовини беруть участь у формуванні скелета, роботі нервової, травної та інших систем організму.



Перевірте свої знання

1. Які неорганічні речовини трапляються в живих організмах? **2.** Уявіть ситуацію, коли лікар або лікарка кажуть, що в організмі людини не вистачає Са. Яким чином вода зможе вирішити цю проблему? **3*.** До яких наслідків для організму людини може призвести втрата ним солей Na^+ ? Створіть постер на цю тему.

§ 3. Органічні молекули. Біополімери



? Поміркуйте

Чому основою органічних сполук є атоми саме Карбону?

Згадайте

- Які речовини називають неорганічними?
- Які хімічні елементи належать до групи макроелементів?

Особливості будови молекул органічних речовин

Містять ланцюжки атомів Карбону, до яких приєднуються атоми Гідрогену та інших елементів. Ці ланцюжки часто називають «скелетом» молекули

Часто мають великий розмір та масу

Можуть відрізнятися між собою за кількістю ланок у карбоновому ланцюжку

Можуть існувати в кількох формах, які здатні легко перетворюватися одна на одну. Наприклад, різні кінці довгих органічних молекул можуть взаємодіяти між собою й утворювати кільцеві форми молекул

Навіть незначна зміна взаємного розташування атомів у молекулі органічної речовини перетворює її на іншу речовину

Анімація
«Мономер
і полімер»



Органічні речовини живих організмів

Крім неорганічних, до складу клітин живих організмів входять органічні речовини. Органічних речовин у світі набагато більше, ніж неорганічних. Наразі їх нараховують уже понад 25 млн і постійно відкривають або створюють нові. З попередніх розділів біології ви дізналися, що органічні речовини містяться в живих організмах, які ми споживаємо в їжу, та продуктах рослинного або тваринного походження.

Вам уже відомо, що всі органічні речовини поділяють на чотири основні групи: білки, вуглеводи (мал. 3.1), ліпіди й нуклеїнові кислоти. До складу всіх цих речовин обов'язково входять атоми Карбону (C), Гідрогену (H) й Оксигену (O). Органічні речовини можуть містити також атоми Нітрогену (N) (обов'язкові компоненти білків та нуклеїнових кислот), Фосфору (P) (компоненти нуклеїнових кислот), Сульфуру (S) (наявні в білках, але відсутні в нуклеїнових кислотах).

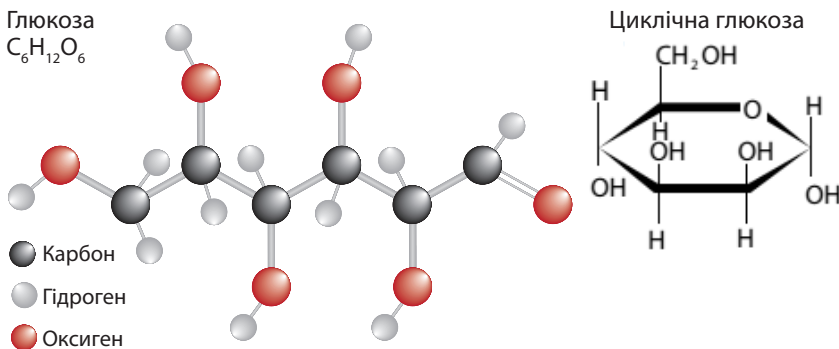
Особливості будови органічних речовин

Молекули органічних речовин відрізняються від молекул неорганічних речовин і між собою особливостями будови.

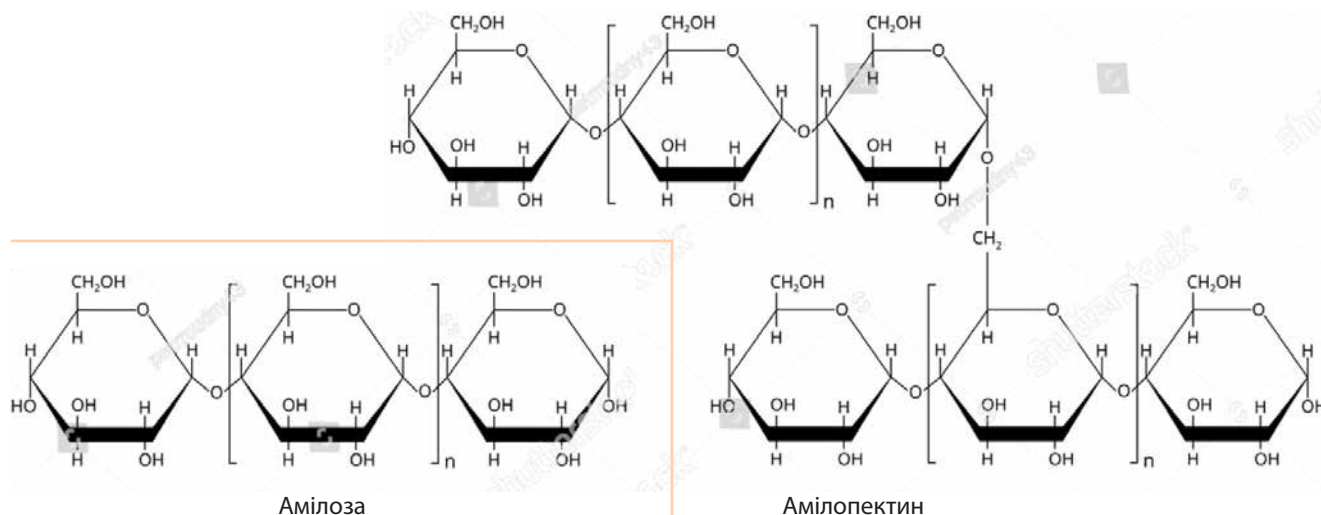
Значною мірою особливості будови органічних молекул зумовлені властивостями атомів Карбону, який може утворювати чотири однакові зв'язки. Завдяки таким зв'язкам існує можливість створення молекул, які легко розгалужуються й можуть мати велику довжину. А невеликий розмір самого атома робить ці зв'язки досить міцними. Силіцій, наприклад, який є наступним елементом IV групи в Періодичній таблиці Д. І. Менделєєва після Карбону, такі ланцюжки утворює набагато гірше насамперед тому, що його атом має більший радіус і він утворює набагато слабші хімічні зв'язки.

Мономери й полімери

Органічні молекули за їхнім розміром поділяють на дві групи: малі й великі молекули (макромолекули). Макромолекули мають масу понад 1000 Да (1 Да = 1 а. о. м.).



Мал. 3.1. Будова молекули вуглевода



Мал. 3.2. Утворення полімерів із молекул мономерів

Вони складаються з однакових (або майже однакових) малих органічних молекул, які називають **мономерами** (від грец. *моно* — один). Інша широко вживана назва таких молекул — полімери (від грец. *полі* — багато) (мал. 3.2).

Полімери дуже поширені у природі. А ще такі молекули виробляються людиною штучно у промислових масштабах. До них належать добре вам відомі з повсякденного життя поліетилен, поліпропілен, полістирол та інші сполуки. З ними ви більш докладно познайомитеся на уроках хімії.

Біополімери

Полімери, які виробляються живими організмами, називають **біополімерами**.

Наприклад, капрон, який виготовляють штучно, — це полімер, а шовк, який виробляють комахи, — біополімер.

Ключова ідея

Основними групами органічних речовин у живих організмах є білки, вуглеводи, ліпіди (жири) і нуклеїнові кислоти. Значна частина органічних речовин є біополімерами. Їхні молекули складаються з великої кількості маленьких молекул мономерів, які поєднуються між собою.

Обидва вони складаються з малих органічних молекул — мономерів.

Кількість мономерів у біополімерах може бути різною: від одного-двох десятків для деяких білків та вуглеводів до сотень тисяч і навіть мільйонів (молекула ДНК першої хромосоми людини складається з 248 млн пар нуклеотидів, тобто містить 496 млн мономерів).

Із багатьма біополімерами ви вже ознайомилися в попередніх розділах біології. Найбільш відомими біополімерами є білки, вуглеводи і нуклеїнові кислоти. Момери білків — амінокислоти, вуглеводів — моносахариди, а нуклеїнових кислот — нуклеотиди.

Найбільш поширеними біополімерами на нашій планеті є вуглеводи целюлоза (виробляється рослинами) і хітин (виробляється грибами й комахами). До біополімерів належать також ферменти (пепсин), транспортні білки (гемоглобін), резервні речовини живих організмів (крохмаль, глікоген) тощо.

Перевірте свої знання

1. Що таке органічні речовини й де вони утворюються?
2. Наведіть приклади органічних речовин.
3. Чому певні органічні молекули називають макромолекулами?
4. Які макромолекули входять до складу живих організмів?
5. Пригадайте, що ви їли сьогодні на сніданок, і назвіть біополімери, які потрапили до вашого організму із цими продуктами.
- 6*. Чому кількість органічних молекул у світі більша, ніж неорганічних?



§ 4. Білки. Структурна організація білків



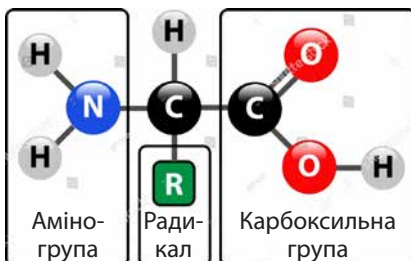
Поміркуйте

Чому з їжею, крім вуглеводів і ліпідів, до організму повинні надходити білки?



Згадайте

- Які продукти багаті на білки?
- Які функції виконують білки в організмі людини?



Мал. 4.1. Будова амінокислоти

Білок — це лінійний полімер, який складається з великої кількості амінокислот, з'єднаних у ланцюжок і згорнутих у просторі певним чином.

Пептидний зв'язок виникає внаслідок хімічної реакції між аміногрупою ($-\text{NH}_2$) однієї амінокислоти й карбоксильною групою ($-\text{COOH}$) іншої амінокислоти.

Анімація
«Утворення
пептидного зв'язку»



Білки

Білки — це великі органічні молекули, біополімери. Вони складаються з мономерів — амінокислот, які з'єднані у вигляді ланцюжка. **Амінокислоти** — це органічні молекули, до складу яких обов'язково входить дві групи атомів: аміногрупа ($-\text{NH}_2$) і карбоксильна група ($-\text{COOH}$). Ці групи атомів приєднані до одного атома Карбону (мал. 4.1). В амінокислотах, які не входять до складу білків (а такі теж трапляються в природі), ці групи можуть приєднуватися й до різних атомів Карбону.

Крім цих двох груп, до того самого атома Карбону приєднана ще одна група атомів — радикал. У кожній амінокислоті радикал свій. На схемах і малюнках його позначають літерою R. У клітинах живих організмів міститься 20 різних амінокислот. Відповідно, існує 20 різних амінокислотних радикалів.

Структурні рівні організації білків

Кожна білкова молекула має свою унікальну, тільки їй притаманну, просторову тривимірну структуру. І лише в такому вигляді вона може нормально виконувати свої унікальні функції.

Для підтримання такої структури, або для її стабілізації, існують певні хімічні зв'язки і взаємодії. Вони забезпечують постійність її конфігурації, а отже, і функціонування. Розрізняють чотири рівні структурної організації білкової молекули (мал. 4.2). Первинна структура є найпростішою, четвертинна — найскладнішою.

Первинна структура білків

Первинна структура білка забезпечує об'єднання амінокислот в один ланцюжок. Цей ланцюжок має лінійну структуру (дещо нагадує нитку). Зв'язок, який з'єднує молекули амінокислот, має назву пептидний, а сам ланцюжок поліпептидним. Під час утворення пептидного зв'язку виділяється одна молекула води. Цей зв'язок є ковалентним, а отже, найміцнішим у молекулі білка.

Вторинна структура білків

Вторинна структура білка забезпечується складанням лінійної молекули в більш компактну структуру. Молекула може набувати двох різних просторових форм: спіральної або складчастої. Вони мають відповідні назви: α -спіральна та β -складчаста структури. В одній молекулі білка різні її ділянки можуть мати різний варіант вторинної структури. На одних ділянках — складчасту структуру, а на інших — спіральну.



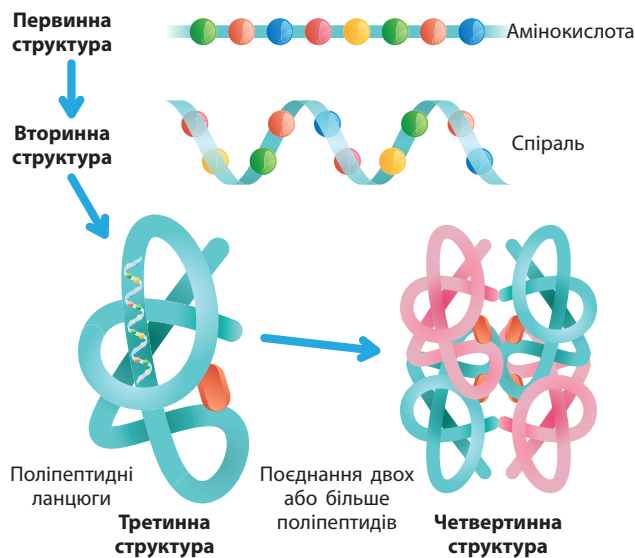
Слід зазначити, що деякі ділянки можуть не утворювати вторинних структур. Вони залишаються невпорядкованими ділянками.

Третинна й четвертинна структури білків

Третинна структура білка забезпечує розташування спіральних та складчастих ділянок молекули у просторі в певному порядку. Утворюється за допомогою зв'язків, що виникають між амінокислотними залишками, які розташовані на великій відстані.

Це досягається шляхом стабілізації молекули білка у просторі кількома способами: за допомогою водневого, йонного, дисульфідного зв'язків та гідрофобної взаємодії. Але роль водневих зв'язків у цій структурі не така значна. Більше значення має гідрофобна взаємодія радикалів та утворення дисульфідних зв'язків.

Четвертинна структура білків виникає в разі, коли кілька білкових молекул сполучаються між собою. Таким чином вони утворюють єдиний білковий комплекс, який виконує певні функції.



Мал. 4.2. Рівні організації білка

Ключова ідея

Білки — це біополімери, які складаються з амінокислот. Виділяють чотири рівні структурної організації білка. Перший рівень є ланцюжком амінокислот, які з'єднані пептидними зв'язками в певній послідовності. На другому рівні молекула має вигляд спіральної або складчастої структури, яка стабілізована у просторі за допомогою водневих зв'язків. На третьому рівні ці структури певним чином розміщуються в просторі та стабілізуються за допомогою низки різних способів. На четвертому рівні кілька білкових молекул об'єднуються в одну структуру.

Вторинна структура білка утворюється за допомогою водневих зв'язків, які виникають між амінокислотними залишками, що розташовані поряд. Із курсу хімії ви вже знаєте, що водневі зв'язки виникають між атомами Оксигену й Гідрогену різних молекул.

Одну й ту саму молекулу білка інколи клітина може «скласти» різними способами.

Денатурація та ренатурація білків

Просторова структура білків може порушуватися під впливом високої температури, рН середовища, фізичних факторів. Вони призводять до послідовного руйнування четвертинної, третинної та вторинної структур білка. Цей процес називається **денатурацією**. Його наслідком є повна втрата функції білка. Ми можемо спостерігати денатурацію яєчного білка альбуміну під час термічної обробки яйця або створюючи молочний білок шляхом додавання лимонного соку. Як правило, денатурація є незворотним процесом, але в лабораторних умовах можна добитися відновлення структури білка, охолоджуючи його або змінюючи хімічне середовище. Таке відновлення структури білка називають **ренатурацією**. У випадку руйнування первинної структури говорять про **деструкцію** білка.

Перевірте свої знання

1. Які особливості притаманні амінокислотам?
2. Скільки рівнів організації мають білки?
3. Яким чином забезпечується стабільність різних рівнів організації білків?
- 4*. Чому в деяких випадках після денатурації білка неможлива його ренатурація?
- 5*. Деякі білки в організмі не мають усіх чотирьох рівнів організації. Як ви гадаєте, чому?

§ 5. Функції білків. Ферменти

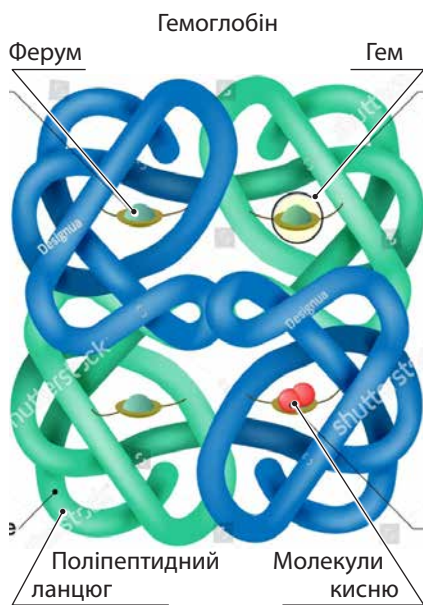


? Поміркуйте

Міцність водневого зв'язку є невеликою. Чому тоді водневі зв'язки цілком успішно забезпечують стабільність структури молекул білків?

← Згадайте

З якими ферментами ви познайомилися, коли вивчали роботу травної системи в організмі людини?



Мал. 5.1. Молекула глобулярного білка

Класифікація білків

Білки за їхнім складом можна розділити на дві великі групи: прості та складні.

До складу **простих білків** входять виключно амінокислоти. Такі білки ще називають **протеїнами**. Простими білками є гістони, які становлять основу хромосом. До цієї самої групи належать альбуміни і глобуліни, які містяться в плазмі крові.

Складні білки (протеїди), крім залишків амінокислот, містять ще й небілкову частину — простетичну групу. Такою групою може бути як органічна, так і неорганічна молекула. Відповідно до складу такої групи, розрізняють різні протеїди. Так, нуклеопротеїди, крім білків, містять нуклеїнові кислоти, глікопротеїди — вуглеводи, а ліпопротеїди — ліпіди. Складні білки також можуть містити залишки ортофосфатної кислоти або атоми металічних елементів. Наприклад, білок гемоглобін містить велику і складну за будовою простетичну групу — гем, до складу якого входить атом металічного елемента Феруму. Гем забезпечує забарвлення молекули білка.

За формою молекули білки також можна поділити на дві великі групи: **глобулярні** й **фібрилярні**.

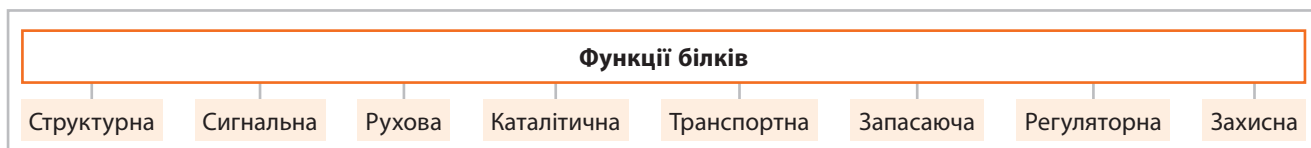
Молекули глобулярних білків мають вигляд грудочки (мал. 5.1). Ці білки зазвичай легко розчиняються у воді. Більшість ферментів є якраз глобулярними білками, а молекули фібрилярних білків мають вигляд нитки (мал. 5.2). Вони нерозчинні. До них, наприклад, належать кератин (міститься в епідермісі), колаген та еластин (містяться в дермі).



Мал. 5.2. Молекула фібрилярного білка

Функції білків

Практично всі функції живих організмів так чи інакше пов'язані з роботою певних груп білків. За допомогою білків організми будують свої структури, здійснюють процеси життєдіяльності й відтворюють самі себе (докладніше про це дізнайтеся з інформації під QR-кодом до цього параграфа).





Ферменти та їхня роль у клітині

Під час вивчення біології людини ви вже познайомилися з такою групою білків, як ферменти. Ферменти є унікальними молекулами. Вони виконують функцію каталізу, тобто прискорюють хімічні реакції, і роблять вони це надзвичайно ефективно! Наприклад, для взаємодії атмосферного азоту з воднем у процесі синтезу азотних добрив сучасна промисловість використовує температуру 500°C і тиск у 350 атмосфер! Це за наявності каталізатора — пористого заліза з певними домішками. А ось ґрунтова бактерія азотобактер здійснює ті самі реакції за допомогою ферментів у звичайних умовах. Без високих температур і за нормального тиску.

Як же ферментам вдається досягати такого успіху? Секрет у їхній просторовій будові. Будь-який фермент є ланцюжком амінокислот, що певним чином згорнутий у просторі. Згортання ланцюжка відбувається таким чином, щоб радикали амінокислот утворили унікальну структуру — активний центр ферменту. Саме в цьому центрі й відбуваються реакції.

Радикали амінокислот розташовані у просторі певним чином відносно один одного. Вони різні за своїми властивостями, і їхня спільна дія створює умови, у яких відповідна реакція відбувається надзвичайно швидко (мал. 5.3).

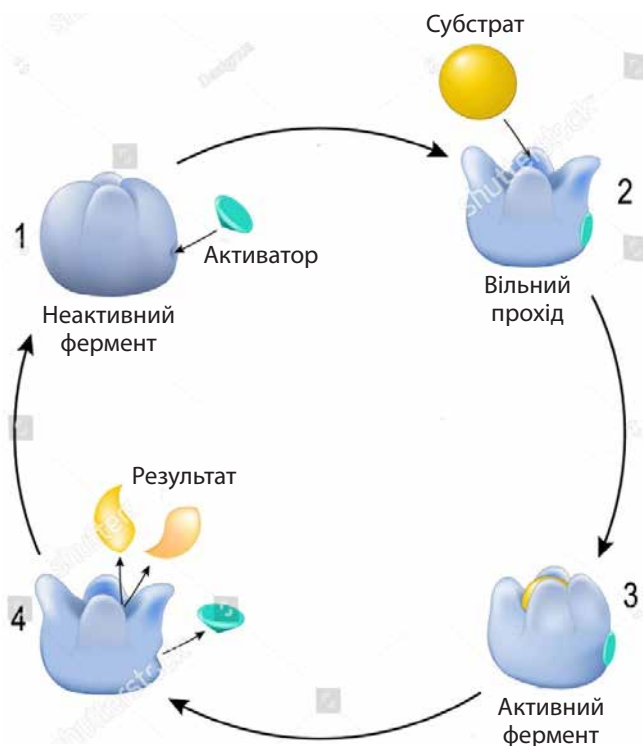
У деяких випадках для роботи ферменту потрібний і небілковий компонент. Це сполука (її називають кофактором), яка приєднується до ферменту й також бере участь у процесі каталізу реакції. Часто кофакторами ферментів є вітаміни.



Анімація
«Робота
ферменту»

Ферменти потрібні для здійснення процесів обміну речовин у клітині. Без них реакції обміну перебігають надзвичайно повільно. А часто ці реакції без ферментів узагалі не відбуваються.

Більше про функцію ферментів дізнайтеся з інформації під QR-кодом до параграфа.



Мал. 5.3. Схема роботи ферментів



Ключова ідея

Білки за складом молекул можна поділити на дві великі групи: прості та складні, за формою молекули — на глобулярні та фібрилярні. Прості складаються лише з амінокислот, а складні, крім амінокислот, містять небілкову частину. У живих організмах білки виконують багато функцій: структурну, каталітичну, захисну, транспортну тощо. Каталітичну функцію здійснюють білки ферменти, які пришвидшують хімічні реакції в кілька десятків разів.



Перевірте свої знання

1. Які функції в живих організмах виконують білки? **2.** За якими ознаками класифікують білки? **3.** Чи може просторова структура молекули білка впливати на його властивості? Наведіть приклади глобулярних і фібрилярних білків. **4.** Яку функцію виконують складні білки? **5.** Навіщо живим організмам потрібні ферменти? Яка їхня роль? **6.** Як працюють ферменти? **7*.** Що може перешкодити роботі ферменту? **8*.** На прикладі організму людини поясніть, як білки виконують захисні функції. Підготуйте есе на цю тему або намалюйте плакат.



§ 6. Вуглеводи та ліпіди



Поміркуйте

До яких негативних наслідків може призвести нестача ліпідів в організмі людини?



Згадайте

Чому з їжею, крім білків, до організму повинні надходити вуглеводи?



Целюлоза —
вуглевод,
який утворює
клітинні стінки
в клітинах
рослин

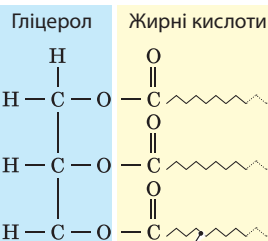
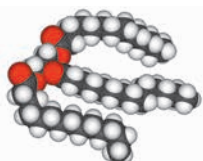


Лактоза —
вуглевод, який
міститься
в молоці



Хітин — вуглевод,
який утворює зовнішні
покриви комах

Мал. 6.1. Вуглеводи в живих організмах та продуктах їхньої життєдіяльності



Ланцюжки атомів Карбону

Мал. 6.2. Будова молекули ліпиду

Що таке вуглеводи

Вуглеводи є складними органічними сполуками, до складу молекул яких входять кілька груп: гідроксильна (–ОН), карбоксильна (–СООН) або карбонільна (–СОН). Загальна формула вуглеводів — $C_n(H_2O)_m$, де n і m є натуральними числами.

Найбільш поширеними вуглеводами є глюкоза ($C_6H_{12}O_6$), сахароза ($C_{12}H_{24}O_{12}$), лактоза ($C_{12}H_{22}O_{11}$), целюлоза, хітин, крохмаль (мал. 6.1).

Значна частина вуглеводів є біополімерами (крохмаль, целюлоза, глікоген). Такі біополімери називають **полісахаридами**. Їхніми мономерами є молекули невеликих вуглеводів (наприклад, глюкоза), які називають моносахаридами. Такі вуглеводи містять невелику кількість атомів Карбону (від 3 до 7 атомів у молекулі). Залежно від кількості атомів Карбону, їх поділяють на тріози, тетрози, пентози, гексози і гептози.

Часто живі організми використовують у своїй життєдіяльності молекули вуглеводів, які складаються з двох моносахаридів (наприклад, сахароза, добре нам відома, як звичайний цукор). Такі сполуки називають **дисахаридами**.

Будова та властивості вуглеводів

Розгляньмо особливості будови молекул вуглеводів та їхні характерні властивості на прикладі конкретних сполук (див. інформацію під QR-кодом до цього параграфа).

Слід зазначити, що дуже незначні відмінності у способі з'єднання молекул глюкози в полісахаридах спричиняють відмінності в їхніх властивостях. Саме через такі незначні відмінності ферменти ссавців не здатні розщеплювати молекули целюлози, але можуть розщеплювати молекули глікогену або крохмалю.

Біологічна роль вуглеводів

Основними функціями вуглеводів у живих організмах є структурна, захисна, резервна, рецепторна, пластична й енергетична.

Структурну й захисну функції виконують такі вуглеводи, як целюлоза й хітин. Вони створюють структури клітин і організмів, які забезпечують підтримання їхньої форми, міцність і захист від пошкоджень. Ці сполуки можуть входити до складу клітин або формувати структури поза клітинами. Наприклад, целюлоза є основою клітинної стінки, а хітин становить основу зовнішнього скелета членистоногих, який є неклітинною структурою.

Резервну функцію виконують глікоген (у тварин і грибів) і крохмаль (у рослин). У формі цих сполук організми запасують поживні речовини.

Рецепторну функцію виконують ті невеликі молекули вуглеводів, які разом із білками утворюють рецептори на поверхні клітин.



Пластичну функцію здійснюють такі вуглеводи, як рибоза й дезоксирибоза. Вони беруть участь в утворенні нових молекул органічних речовин (нуклеїнові кислоти).

Енергетичну функцію можуть виконувати багато вуглеводів. Під час окиснення 1 г вуглеводів у клітині утворюється 4,1 ккал (17,17 кДж) енергії, яка потім використовується клітиною.

Що таке ліпіди

Ліпіди є групою речовин, які об'єднали, насамперед, не за хімічною будовою, а за фізичними властивостями. Вони всі є нерозчинними у воді маслянистими або жирними речовинами. Найбільш поширеними ліпідами є жири, олії, воски та стероїди.

Термін «жири» не є синонімом терміна «ліпіди». Так називають лише частину речовин із цієї групи. Зазвичай термін «жири» застосовують щодо ліпідів тваринного походження, які за кімнатної температури залишаються твердими. Терміном «олії» називають ліпіди рослинного походження, що за кімнатної температури залишаються рідкими.

Будова та властивості ліпідів

Складовою багатьох ліпідів є багатоатомний спирт гліцерол ($C_3H_5(OH)_3$) і жирні кислоти (мал. 6.2). Жирні кислоти — це органічні речовини, молекули яких є довгими ланцюжками атомів Карбону (містять від 4 до 24 атомів), сполученими з атомами Гідрогену та з приєднаною до цього ланцюжка карбоксильною групою ($-COOH$). Саме карбоксильна група й забезпечує їхні кислотні властивості.

Жирні кислоти бувають насиченими (без подвійних зв'язків між атомами Карбону) і ненасиченими (з подвійними зв'язками між атомами Карбону). Наявність подвійного зв'язку не дозволяє молекулі набувати лінійної форми. Це впливає на властивості речовини, на-

приклад, на її температуру плавлення. Олії є рідкими за кімнатної температури саме через наявність таких кислот у складі їхніх молекул.

Біологічна роль ліпідів

Основними функціями ліпідів у живих організмах є структурна, захисна, регуляторна, резервна, пластична й енергетична.

Структурну функцію виконують тригліцериди, які становлять основу клітинних мембран.

Захисну й резервну функції виконують ті структури організмів, які накопичують жири та олії. Гормони ліпідного походження в організмі тварин здійснюють регуляторну функцію.

Пластичну функцію виконують ліпіди, які разом із білками беруть участь в утворенні складних органічних речовин — ліпопротеїнів. Важливу роль в обміні речовин у тварин відіграють вітаміни, які належать до групи ліпідів. Наприклад, вітаміни А, D, Е.

Енергетична функція здійснюється більшістю ліпідів. Під час окиснення ліпідів масою 1 г у клітині утворюється 9 ккал (37,68 кДж) енергії, яка потім використовується клітиною.

Про приклади використання ліпідів живими організмами, а також про тригліцериди і фосфоліпіди можна прочитати, зайшовши під QR-код до цього параграфа.

Воски і стероїди. У складі восків і стероїдів гліцерол відсутній. Воски є сполуками жирних кислот з іншими спиртами, що мають довгі молекули і лише одну OH -групу. Тому у складі молекул кожного з восків є тільки одна молекула жирної кислоти й одна молекула спирту. Стероїди не містять ані жирних кислот, ані спиртів. Вони є полімерами вуглеводню ізопрену (C_5H_8). Стероїди містяться у складі мембран (холестерол), деякі з них є гормонами.



Ключова ідея

Вуглеводи — це складні органічні сполуки. У живій клітині можуть міститися такі вуглеводи, як моносахариди, дисахариди та полісахариди. Ліпіди — велика група гідрофобних органічних речовин, до якої належать тригліцериди, воски, стероїди та інші сполуки. Вони відіграють важливу роль у процесах обміну речовин та виконують енергетичну, регуляторну, структурну та інші функції.



Перевірте свої знання

1. На які групи поділяються вуглеводи?
2. Які функції виконують вуглеводи в організмах тварин?
3. На конкретних прикладах поясніть значення ліпідів для рослин і тварин.
4. Які властивості ліпідів сприяли тому, що вони стали основою клітинних мембран?
- 5*. У клітинах корови відсутні ферменти, які здатні розщеплювати целюлозу. Як вони можуть використовувати глюкозу, яка входить до складу цієї целюлози?

§ 7. Нуклеїнові кислоти



? Поміркуйте

Чому гуаніловий нуклеотид ДНК добре з'єднується із цитиділовим, а не з тиміділовим?

← Згадайте

- З курсу біології рослин і тварин пригадайте, де в їхніх клітинах зберігається спадкова інформація.
- Які речовини відповідають за зберігання й відтворення спадкової інформації?

Залежно від того, яка нітрогеновмісна основа входить до складу нуклеотиду, розрізняють п'ять видів нуклеотидів: тиміділовий (основа — тимін), цитиділовий (основа — цитозин), уриділовий (основа — урацил), аденіловий (основа — аденін), гуаніловий (основа — гуанін).

Нуклеїнові кислоти та нуклеотиди

Молекули нуклеїнових кислот є великими органічними молекулами — біополімерами, мономерами яких є нуклеотиди.

Кожний нуклеотид складається з трьох компонентів: нітрогеновмісної основи, моносахариду (рибози або дезоксирибози) і залишку ортофосфатної кислоти (мал. 7.1). У нуклеїнових кислотах трапляються п'ять різних нітрогеновмісних основ.

У клітинах живих організмів окремі нуклеотиди як окремі речовини також активно використовуються в різних процесах обміну речовин.

Під час утворення молекул нуклеїнової кислоти між залишком ортофосфатної кислоти одного нуклеотиду й моносахаридом іншого утворюється міцний ковалентний зв'язок. Тому нуклеїнові кислоти, що утворюються таким чином, мають вигляд ланцюга, у якому нуклеотиди розташовані послідовно один за одним. Їхня кількість в одній молекулі біополімера може сягати кількох мільйонів.

ДНК і РНК

У живих організмах існує два типи нуклеїнових кислот: РНК (рибонуклеїнова кислота) і ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота). Вони відрізняються між собою за складом і особливостями будови (мал. 7.2).

До складу нуклеотидів ДНК входить моносахарид дезоксирибоза і чотири нітрогеновмісні основи: аденін, тимін, цитозин і гуанін. А самі молекули ДНК зазвичай складаються з двох ланцюжків нуклеотидів, які з'єднані між собою водневими зв'язками.

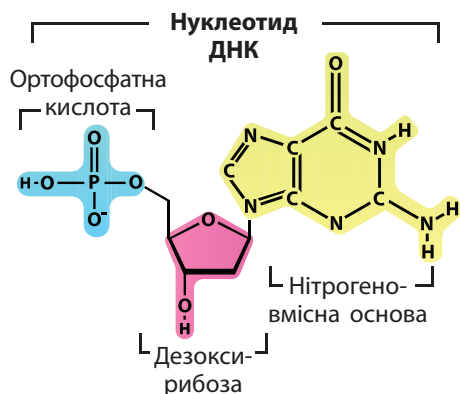
У нуклеотидах РНК замість дезоксирибози міститься моносахарид рибоза, а замість тиміну — урацил. Молекула РНК, як правило, складається з одного ланцюжка нуклеотидів, різні фрагменти якого утворюють між собою водневі зв'язки.

Між гуаніном і цитозином утворюються три таких зв'язки, а між аденіном і тиміном або аденіном і урацилом — два.

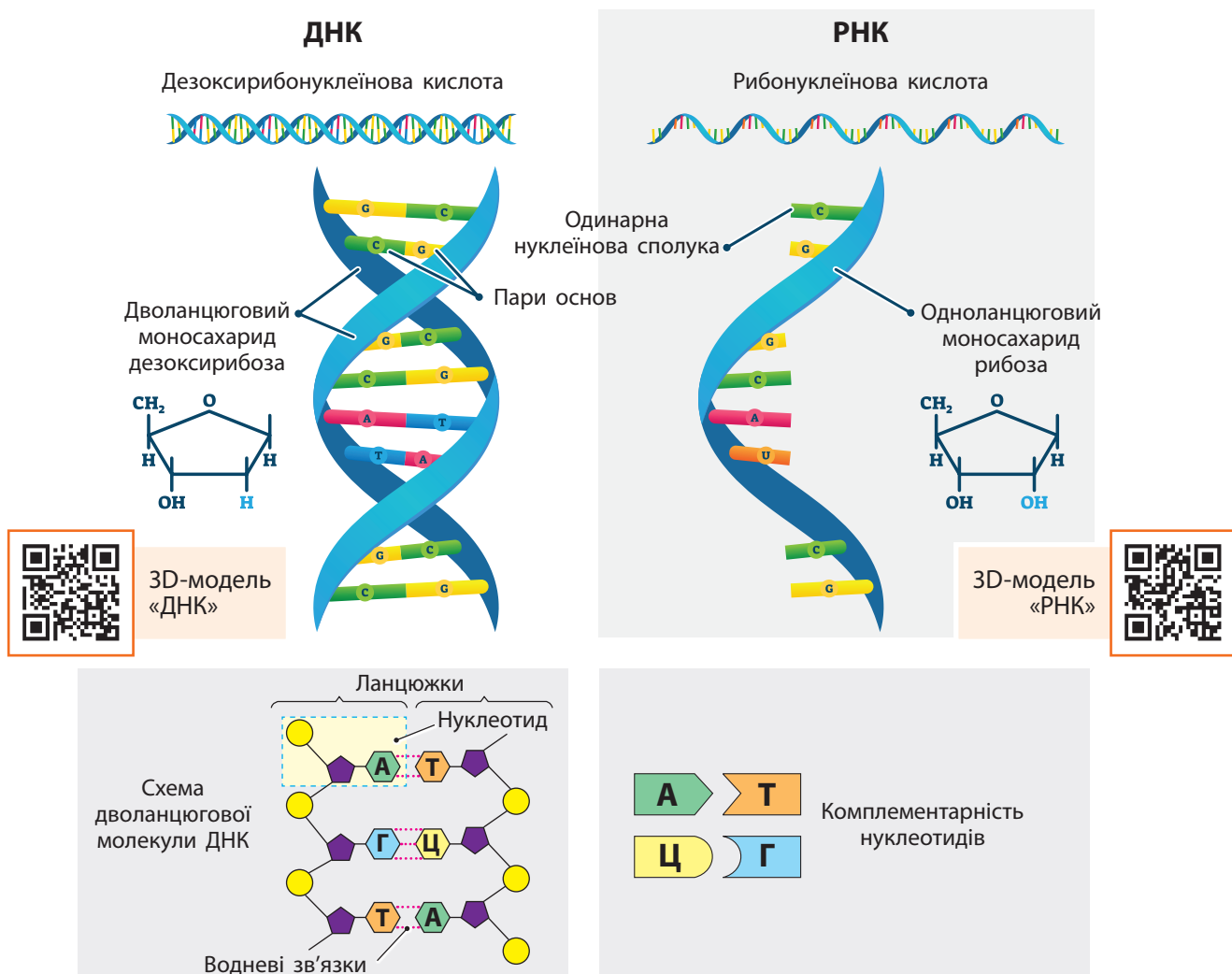
Нуклеїнові кислоти як носії спадкової інформації

Головною функцією ДНК є збереження й відтворення спадкової інформації. Цьому сприяє будова ДНК.

Молекула ДНК складається з двох ланцюгів нуклеотидів, які з'єднуються за принципом комплементарності (доповнення). Навпроти кожного нуклеотиду одного ланцюга розміщується той нуклеотид, який йому відповідає. Навпроти аденінового — тиміділовий, а навпроти цитиділового — гуаніловий. Тому в молекулах ДНК кількість аденінових



Мал. 7.1. Будова нуклеотиду



Мал. 7.2. Особливості структур РНК і ДНК

нуклеотидів завжди дорівнює кількості тимідилових нуклеотидів, а кількість гуанілових — кількості цитидилових.

РНК теж може зберігати спадкову інформацію у вірусів. Але основними її функціями є прочитання інформації, закодованої в ДНК, синтез білків та інших молекул РНК.

Ключова ідея

Нуклеїнові кислоти — біополімери, у живих організмах вони містяться у вигляді ДНК і РНК. Їхніми мономерами є нуклеотиди. ДНК зазвичай має форму подвійної спіралі, яка складається з двох ланцюгів. РНК частіше за все має вигляд подвійної спіралі, обидва ланцюги якої є ділянками однієї полінуклеотидної послідовності. Основною функцією нуклеїнових кислот є збереження та відтворення спадкової інформації.

Дізнайтеся більше

Усі клітинні форми життя на нашій планеті мають у своїх клітинах і РНК, і ДНК. А от вірусам притаманний лише один тип нуклеїнової кислоти. У їхніх віріонах під білковою оболонкою міститься або РНК, або ДНК. Лише коли вірус потрапляє в клітину-хазяїна, він зазвичай починає синтезувати і ДНК, і РНК.

Перевірте свої знання

1. Чим ДНК відрізняється від РНК? **2.** Навіщо живим організмам потрібні нуклеїнові кислоти? **3*.** ДНК не здатні бути каталізаторами біохімічних реакцій. А от деякі РНК (їх називають рибозимами) каталізаторами бути можуть. З якими особливостями будови зазначених молекул це може бути пов'язано?

§ 8. Макроергічні сполуки. Молекулярні мотори



? Поміркуйте

Чому макроергічні сполуки потрібні не для всіх біохімічних реакцій?

← Згадайте

Які речовини утворюються в процесі дихання?

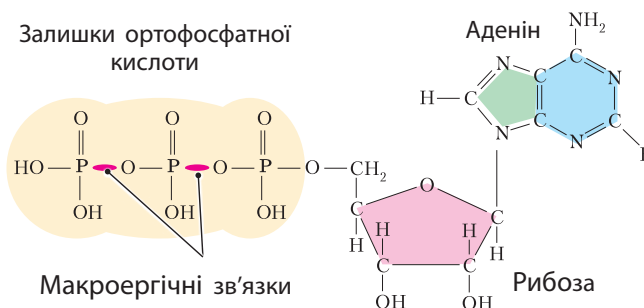
Велика кількість молекул АТФ утворюється в процесах клітинного дихання та фотосинтезу. Ця молекула відіграє роль універсального джерела енергії для біохімічних реакцій.



АТФ та її роль у життєдіяльності клітин

У життєдіяльності клітини активну участь беруть не лише РНК і ДНК, але й окремі нуклеотиди. Особливо важливими для життєдіяльності клітин є сполуки нуклеотидів із залишками ортофосфатної кислоти. Таких залишків до нуклеотиду може приєднуватися від одного до трьох. Відповідно, їх називають їх за кількістю цих залишків. Наприклад: АТФ — аденозинтрифосфат (аденозинтрифосфатна кислота), ГТФ — гуаназинтрифосфат, АДФ — аденозиндифосфат, АМФ — аденозинмонофосфат. Усі нуклеотиди, які входять до складу нуклеїнових кислот, є монофосфатами. Три- і дифосфати також відіграють важливу роль у біохімічних процесах клітин.

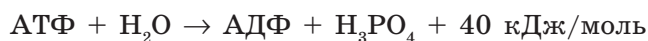
Найбільш поширеним у клітинах живих організмів є АТФ (мал. 8.1). Він бере участь у процесах росту, руху й розмноження клітин.



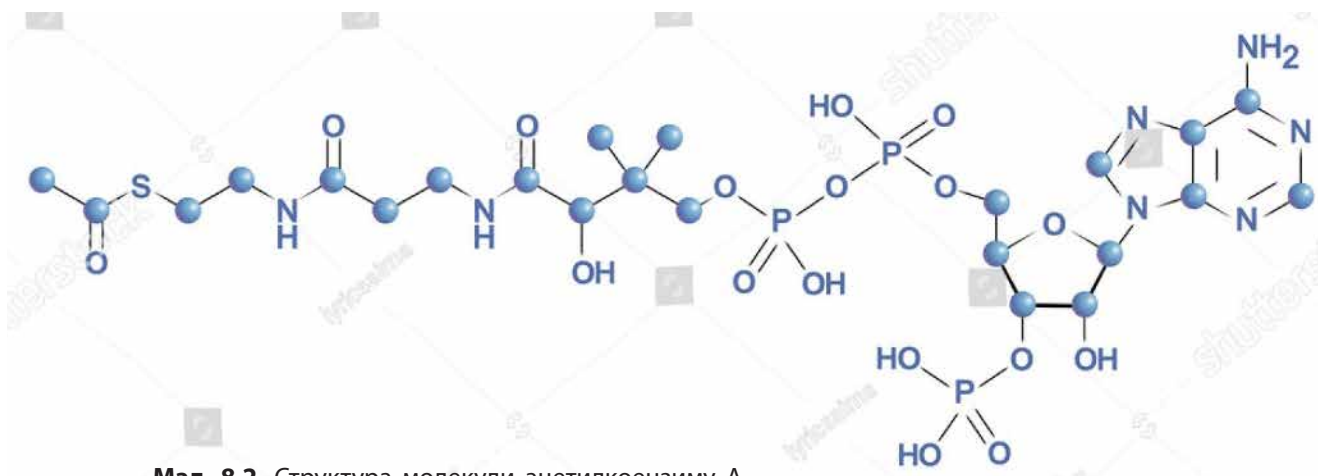
Мал. 8.1. Будова молекули АТФ та макроергічні зв'язки в ній

Перетворення енергії та реакції синтезу в біологічних системах

Визначна роль молекули АТФ в обміні речовин полягає в тому, що вона забезпечує енергією переважну більшість процесів, які відбуваються в клітинах. Синтез і розщеплення органічних речовин, транспорт речовин через клітинну мембрану, перенесення молекул і органел у клітині, передачі сигналу, реалізації спадкової інформації, скорочення м'язів тощо. Будь-яка хімічна реакція за участю ферменту, що потребує затрат енергії, пов'язана з відщепленням одного залишку ортофосфатної кислоти від молекули АТФ, утворенням АДФ і вивільненням енергії:



А чому саме АТФ? Тому що зв'язок залишків ортофосфатної кислоти в цій молекулі є не звичайним, а макроергічним (багатим на енергію). Для утворення цього зв'язку потрібно багато енергії, але під час його руйнування енергія виділяється у великій кількості.



Мал. 8.2. Структура молекули ацетилкоензиму А

Коли молекули вуглеводів, білків, ліпідів у клітинах розщеплюються, то відбувається виділення енергії. Цю енергію клітина запасає. Для цього до нуклеотидів монофосфатів (наприклад, АМФ) приєднується один або два залишки ортофосфатної кислоти, й утворюється молекула ди- або трифосфатів (відповідно, АДФ або АТФ).

Утворені зв'язки є макроергічними. Таким чином, АДФ містить один макроергічний зв'язок, а АТФ — два. Під час синтезу нових органічних сполук макроергічні зв'язки руйнуються й забезпечують відповідні процеси енергією.

Макроергічні сполуки живих організмів

АТФ належить до групи нуклеозидфосфатних макроергічних сполук. Окрім неї, до цієї групи входять такі сполуки, як ГТФ, УТФ, АДФ, циклічний АМФ (цАМФ) тощо. Для цих сполук характерна наявність як мінімум одного хімічного зв'язку, за умов утворення або розриву якого енергетичні витрати перевищують 20 кДж/моль. У хімічних формулах такі зв'язки позначають особливим знаком «~». Здебільшого макроергічні сполуки живих клітин містять фосфатну групу, яка після розриву макроергічного зв'язку може переноситися на іншу сполуку. Інші групи макроергічних сполук у клітинах представляють такі речовини, як ацетилфосфат, креатинфосфат, ацетилкоензим А (ацетил-КоА) (мал. 8.2), фосфоенолпіровиноградна кислота тощо, які виконують зазначені функції.

Дізнайтеся більше



У разі пересадки кісткового мозку ДНК клітин крові буде зовсім іншим, ніж, приміром, у слині чи волоссі. Саме тому виникають труднощі в ідентифікуванні злочинців та розкритті окремих злочинів.

Усі ці сполуки (АТФ, ГТФ, УТФ та інші) можуть виконувати роль посередників у передачі енергії від немакроергічних сполук до АТФ, а також бути резервом енергії в клітині.



Ключова ідея

Макроергічними називають сполуки, які мають хімічний зв'язок, за умов утворення або розриву якого енергетичні витрати перевищують 20 кДж/моль. До таких сполук у клітинах належать АТФ, ГТФ, креатинфосфат, ацетилКоА тощо. Найчастіше в біохімічних процесах клітин використовується АТФ, який відіграє роль універсального джерела енергії для біохімічних реакцій.

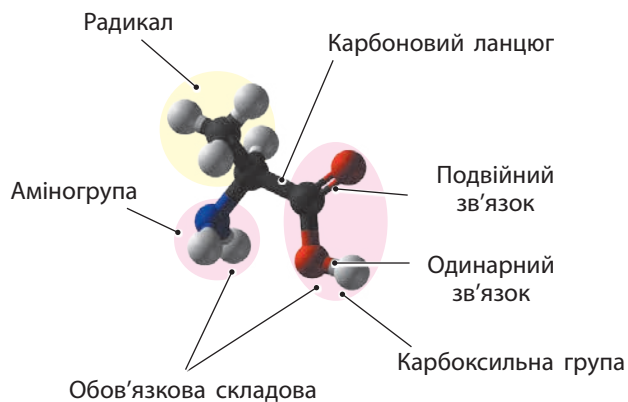


Перевірте свої знання

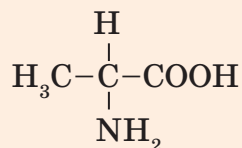
1. Які хімічні сполуки називають макроергічними?
2. Які функції виконує в клітинах АТФ? 3*. Чому макроергічні зв'язки є такими зручними для використання в біохімічних процесах клітини?

Відомості про органічні речовини

Структура органічної молекули на прикладі аланіну



Модель молекули



Розгорнута
структурна
формула



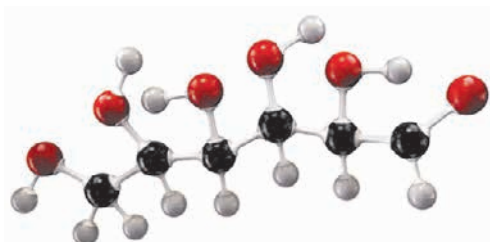
Скорочена
структурна
формула



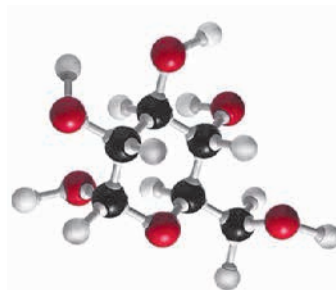
Молекулярна
формула

Форми органічних молекул

Лінійна



Кільцева



Групи органічних сполук

Білки

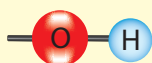
Вуглеводи

Ліпіди

Нуклеїнові кислоти

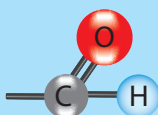
Основні функціональні групи

Гідроксильна

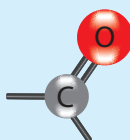


Карбонільна

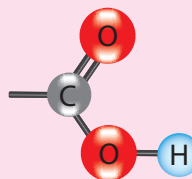
Альдегідна



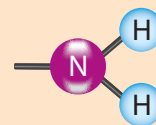
Кетонна



Карбоксильна

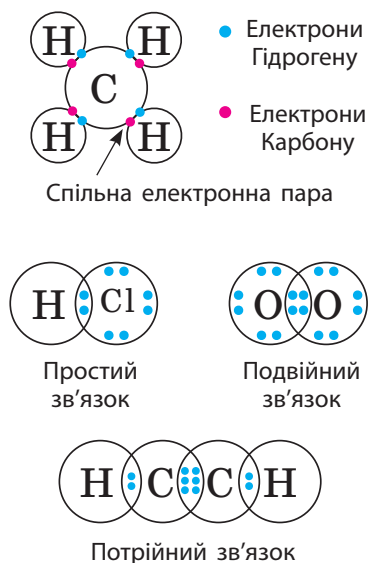


Аміногрупа

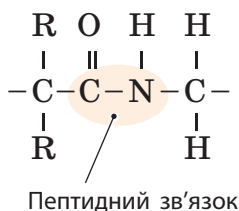


Типи зв'язків у молекулі білка

Деякі зв'язки виникають між атомами елементів у молекулі речовини за рахунок спільних електронних пар. У молекулах білків наявні пептидний і дисульфідний зв'язки. Забезпечують міцні хімічні зв'язки.

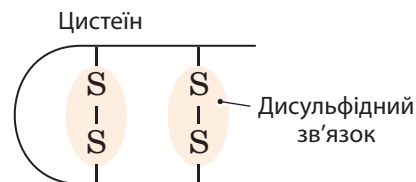


Пептидний зв'язок



Пептидні зв'язки виникають між карбоксильною групою однієї амінокислоти ($-\text{COOH}$) й аміногрупою ($-\text{NH}_2$) іншої амінокислоти.

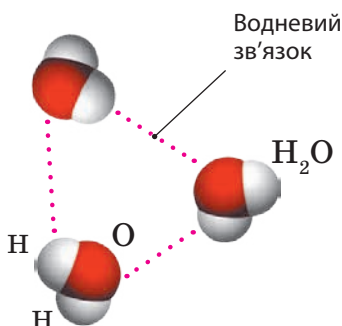
Дисульфідний зв'язок



Дисульфідний зв'язок може виникати між різними ділянками одного й того самого поліпептидного ланцюга, тоді він утримує цей ланцюг у зігнутому стані. Якщо дисульфідний зв'язок виникає між двома поліпептидами, то він об'єднує їх в одну молекулу.

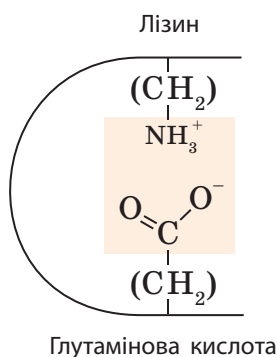
У молекулах білків наявні водневі, йонні зв'язки та гідрофобні взаємодії. Забезпечують слабкі хімічні зв'язки.

Водневий зв'язок



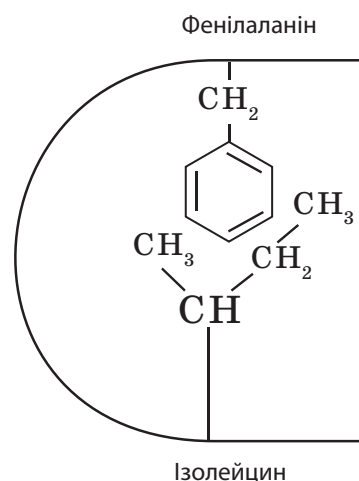
Виникає між атомами Гідрогену, що мають частково позитивний заряд, однієї функціональної групи та атомом (Оксигену, Нітрогену), що має частково негативний заряд і неподільну електронну пару, іншої функціональної групи.

Йонний зв'язок



Виникає між позитивно й негативно зарядженими функціональними групами (додатковими карбоксильними й аміногрупами), що містяться в радикалах лізину, аргініну, гістидину, аспарагінової та глутамінової кислот.

Гідрофобна взаємодія



Виникає в молекулі білка між радикалами гідрофобних амінокислот.

Узагальнення знань за темою «Хімічний склад клітини та біологічні молекули»

Хімічний склад клітини

Елементарний склад		
Макроелементи (98 %)	Мікроелементи (1,9 %)	Ультрамикроелементи (0,1 %)

Молекулярний склад		
	Що належить?	Де вміщуються?
Неорганічні речовини	Оксиди, основи, кислоти, вода, мінеральні солі	Тіла живої та неживої природи
Органічні речовини	Білки, ліпіди, вуглеводи, нуклеїнові та органічні кислоти	Утворюються лише в живій природі; накопичуються в неживій природі у вигляді торфу та гумусу

Основні характеристики органічних речовин

Ознаки	Білки	Ліпіди	Вуглеводи
Особливості будови	Біополімери, що складаються із залишків амінокислот	Залишки триатомного спирту гліцеролу і жирних кислот; циклічні сполуки карбону	Хімічна структура відповідає загальній формулі $C_m(H_2O)_n$
Класифікація	Протеїни Протеїди	Жири тваринного та рослинного походження	Моносахариди Олігосахариди Полісахариди
Біологічна роль	Структурна, енергетична, регуляторна, транспортна, запасальна, каталітична, захисна	Енергетична, запасальна, захисна, терморегуляторна, структурна	Енергетична, запасальна, структурна, пластична, захисна, рецепторна
Джерело	М'ясо, риба, молочні продукти, яйця, плоди бобових, насіння, горіхи, крупи тощо	Вершкове масло, свиняче, яловиче й гусяче сала; лляна, соняшникова, оливкова олії тощо	Зернові культури, картопля, морква, кавун, капуста, банани тощо
Енергетична цінність (ккал/г)	4,11	9,29	4,1

Добова потреба організму людини в білках, жирах і вуглеводах (у грамах)

Органічні речовини	Чоловіки	Жінки	Діти
Білки	65–117	58–87	36–87
Вуглеводи	257–586	257–586	170–240
Жири	70–154	60–102	40–97

Основні властивості води

Фізичні властивості	Хімічні властивості
- Агрегатні стани - Висока теплопровідність і теплоємність - Поверхневий натяг - Текучість	- Взаємодія з неорганічними речовинами - Участь у гідролізі органічних сполук - Здатність до йонізації

Компетентнісно орієнтовані завдання

1 Прочитайте прислів'я та приказки про воду. Оберіть один вираз та в есе поміркуйте, що воно означає. З'ясуйте, яке біологічне значення води.

- Вода найде собі дорогу.
- Вода греблю рве.
- Де вода, там і верба.
- Вода крапля по краплі і камінь довбає.
- Не плюй у криницю, бо доведеться з неї ще води напитися.

Під час роботи можете скористатися шаблонами методу «ПРЕС» («Ми вважаємо, що...» → «Тому що...» → «Наприклад...» → «Отже...»)

2 За допомогою методу Fishbone поясніть біологічну роль хімічних елементів (Гідроген, Калій, Йод, Натрій) в організмі людини. Обговоріть результати роботи.

Головні етапи створення Fishbone:

1. Сформулюйте питання в полі «Проблема».
2. Після аналізу інформації за темою виділіть причини та факти (захворювання), що їх підтверджують.
3. Шляхом аналізу «причин-фактів» зробіть висновки.



3 Біологічні задачі.

А) Один із ланцюгів молекули ДНК має таку послідовність нуклеотидів:

—Т—Т—Т—Г—Г—Г—Ц—Ц—Ц—А—А—А—

Яку послідовність нуклеотидів має другий ланцюг цієї молекули?

Б) На фрагменті одного ланцюга ДНК нуклеотиди розташовані в послідовності:

... —ТЦА—ТГЦ—ЦГТ—АЦГ—ТЦГ— ...

Визначте довжину і масу цієї ділянки.

В) Визначте довжину та масу молекули білка, якщо до її складу входить 130 амінокислот.

Г) Обчисліть і вкажіть частку (%) тимідилових нуклеотидів у ділянці молекули ДНК, якщо частка гуанілових нуклеотидів становить 42% від загальної кількості.

Д) Фрагмент молекули ДНК містить 700 тимінових нуклеотидів (40% від загальної кількості). Визначте

кількість у даному фрагменті аденінових, гуанінових і цитозинових нуклеотидів.

4 Виберіть із запропонованих термінів зайвий та обґрунтуйте свій вибір: білки, ліпіди, вуглеводи, вода, нуклеїнові кислоти.

5 Американський біохімік Лайнус Полінг одного разу сказав: «*Every aspect of the world today — even politics and international relations — is affected by chemistry*». Що мав на увазі науковець? Перекладіть цитату й висловіть свої думки (якщо не маєте змоги перекласти самостійно, зверніться до вчительок/учителів англійської мови).

6 Використавши метод скрайбінгу, поясніть рівні організації біологічних систем.

Головні етапи створення скрайбінгу

Перш ніж починати створювати візуалізацію, окресліть головний зміст, який плануєте донести. Готуйтеся таким чином.

1. Придумайте ідею. Вона повинна бути зрозумілою й актуальною.

2. Оберіть спосіб візуалізації. Залежно від мети та доступних засобів, оберіть, яким чином буде зображено головний зміст теми (малюнок, аплікація, магніти тощо).

3. Підготуйте сценарій. Заздалегідь продумайте план дій.

4. Зробіть заготовки. Підготуйте маркери, ручки, кольорову крейду для малювання; наліпки, аплікації, магніти, 3D-ручки для інших видів тощо.

Якщо плануєте відеоскрайбінг, оберіть найбільш зручну програму, у якій можна створити й змонтувати сюжетні складові у відеоряд. Це може бути Power Point або безкоштовна програма для створення якісних відеоскрайбів Sparkol VideoScribe, яку необхідно встановити на свій девайс.

5. Проведіть скрайбінг-сесію. Перевірте, що ваші образи повністю відтворюють теоретичний зміст. Презентуйте роботу.



Тестові завдання за темою
«Хімічний склад клітини
та біологічні молекули»

Тема 2. Структура клітини

§ 9. Методи дослідження клітин



? Поміркуйте

Чому біологічні об'єкти краще вивчати одночасно кількома методами, а не одним?

← Згадайте

Які методи науковці та науковиці використовують під час вивчення рослин? Тварин?



Мал. 9.1. Мікроскоп Роберта Гука

Відкриття та перші дослідження клітин

Англійський фізик Роберт Гук (1635–1703), який працював в Оксфордському університеті, відомий багатьма своїми дослідженнями. Він удосконалив конструкцію мікроскопа й дослідив за його допомогою різні об'єкти, зокрема кору коркового дуба (мал. 9.1). Розглядаючи корок у мікроскоп, Гук побачив комірки (це були клітинні стінки), які нагадували йому монастирські келії. Саме тому науковець і назвав їх англійським словом *cell* («камера», «клітка», «клітина»). Згодом, у 1665 році, Роберт Гук опублікував статтю, де описав свої дослідження. Слід зазначити, що протягом наступних років науковець вивчав клітини таких рослин, як бузина, кріп, морква тощо.

Формування цитології як науки пов'язане з іменем ще одного відомого дослідника — голландця Антоні ван Левенгука, який працював наприкінці XVII — на початку XVIII ст. Він відкрив одноклітинні організми (першим побачив найпростіших), еритроцити, сперматозоїди та інші клітини.

Клітинна теорія

Протягом XVIII ст. через недосконалу конструкцію мікроскопів суттєвих досліджень клітини не проводилося. Однак у XIX ст. обладнання значно модернізували, винайшли нові методики забарвлення клітин. Це спричинило появу низки важливих результатів щодо вивчення клітин.

1827 року Карл Бер відкрив яйцеклітину ссавців (мал. 9.2). 1831 року Роберт Броун описав ядра рослинних клітин. У той самий період Маттіас Шлейден довів, що всі рослини складаються з клітин. І нарешті 1839 року Теодор Шванн, порівнюючи клітини рослин і тварин та спираючись на висновки Шлейдена, сформулював клітинну теорію (основні її положення див. у схемі).

Основні положення клітинної теорії Теодора Шванна

Усі організми складаються з клітин або різними способами утворені з них

Клітина є найменшою одиницею живого, а цілий організм є сукупністю клітин

Ріст і розвиток рослин та тварин пов'язані з утворенням клітин



Анімація
«Типи мікроскопів»



1859 року Рудольф Вірхов довів, що клітини утворюються лише з клітин-попередників. Це все зумовило виникнення наприкінці XIX ст. окремої науки про клітини — **цитології**.

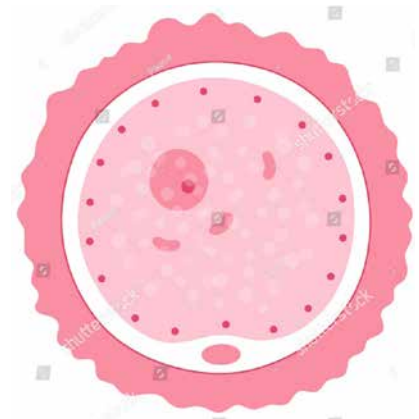
У XX столітті з'явилися нові методи досліджень клітин: спочатку електронна мікроскопія, а потім центрифугування й методи молекулярної біології.

Методи дослідження клітин

Існує багато методів дослідження будови й функції клітин. Кожен із них має своє призначення й дозволяє отримати специфічну інформацію (див. таблицю про основні методи дослідження клітин).

Основні методи дослідження клітин

Метод	Особливості методу
Мікроскопія	Клітини або їхні компоненти розглядають у збільшеному вигляді за допомогою спеціальних приладів — мікроскопів. Існує два основні типи мікроскопії: оптична й електронна. В оптичній мікроскопії для розгляду структур клітини використовують промені світла, а в електронній — пучки електронів. Існує кілька видів оптичних мікроскопів (фазово-контрастний, люмінесцентний тощо) і два види електронних мікроскопів (просвічувальний і сканувальний)
Забарвлення клітин	Клітини обробляють спеціальними речовинами — барвниками, які забарвлюють структури клітини в певний колір. Різні барвники забарвлюють різні компоненти клітини, що дає змогу ідентифікувати потрібні структури та чітко їх розрізнати
Мікротомування	Роблять дуже тоненькі зрізи клітин, а потім вивчають їх за допомогою мікроскопа. Цей метод часто комбінують із методом забарвлення клітин, фарбуючи зрізи різними барвниками
Центрифугування	Клітини спочатку руйнують, а потім цей матеріал поміщають у пробірки зі спеціальним розчином і крутять на центрифугах. Під дією відцентрової сили компоненти клітини концентруються в різних місцях пробірки. Після цього їх можна вивчати кожен окремо
Метод мічених атомів	У живі клітини вводяться радіоактивні ізотопи певних атомів. Переміщення цих атомів у клітині можна спостерігати за допомогою спеціальних приладів. Цей метод дозволяє вивчати перетворення речовин у живих клітинах



Мал. 9.2. Яйцеклітина ссавця

Цитологія — наука про будову, функції й розвиток клітин тварин і рослин, а також одноклітинних організмів і бактерій.

+ Дізнайтеся більше

Цікавою в науці є постать Олени Савицької, відомої дослідниці в галузі генетики, цитології й ембріології. Українка-науковиця, яка працювала спочатку в Інституті цукрової промисловості (Київ), а потім у Департаменті хліборобства США, вивчала явище поліплодії цукрового буряка й розробила методику одержання тетраплоїдних сортів цієї культури.

! Ключова ідея

У XVII ст. відбулося відкриття клітин живих організмів. У XIX ст. Маттіас Шлейден і Теодор Шванн сформулювали клітинну теорію. Вивченням клітин займається окрема наука — цитологія. Основними методами дослідження клітин є мікроскопія (оптична й електронна), забарвлення клітин, мікротомування, центрифугування та метод мічених атомів.

≡ Перевірте свої знання

1. Коли було відкрито клітини? Хто зробив це відкриття? **2.** Які методи використовують для дослідження клітин? **3.** Які історичні етапи дослідження клітин ви можете назвати? **4.** Порівняйте оптичну й електронну мікроскопію. Поясніть, які переваги й недоліки вони мають. **5*.** Якщо вам доведеться вивчати ядра клітин у різних організмів, які методи ви будете використовувати? Створіть план-схему свого дослідження.

§ 10. Структура клітини. Клітинні мембрани



Поміркуйте

Чому основу клітинних мембран складають саме ліпіди?

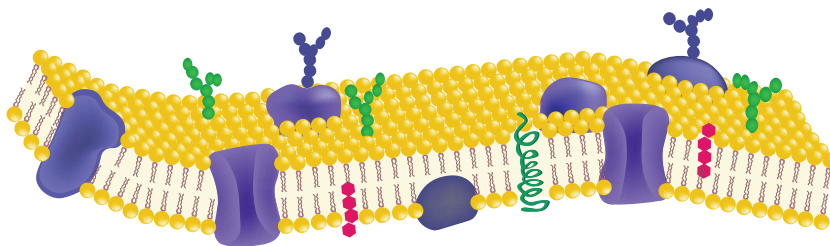


Згадайте

- Які органічні речовини входять до складу клітинних мембран?
- Які функції в мембранах виконують вуглеводи?

Клітинні мембрани

Клітинні мембрани — це структури, які оточують клітину й формують усередині неї низку органел. Це так звані мембранні органели: ядро, мітохондрії, вакуолі тощо. Мембрани утворюються двома шарами ліпідів, між якими розташовані молекули білків (мал. 10.1). Білки й ліпіди мембран часто поєднуються з молекулами вуглеводів, утворюючи глікопротеїди і гліколіпіди. Унаслідок рідиноподібності ліпідів, із яких складається мембрана, занурені в ліпідний шар протеїни є досить рухливими. Тому модель, котра описує будову мембрани, називають **рідинно-мозаїчною**.



Мал. 10.1. Будова клітинної мембрани

Функції мембран

Мембрани — це бар'єри з вибірковою проникністю, які регулюють обмін речовин між клітиною й навколишнім середовищем, а також між окремими компонентами всередині клітини. Бар'єрні функції мембран виконують насамперед ліпіди. Саме вони утворюють основу біологічної мембрани.

Рецепторну функцію виконує глікокалікс на зовнішній поверхні мембрани, який формується вуглеводними компонентами глікопротеїдів і гліколіпідів. Глікокалікс забезпечує взаємодію клітини з міжклітинним середовищем та комунікацію з іншими клітинами.

Мембрани відіграють важливу роль в обміні речовин між клітиною та навколишнім середовищем і передають сигнали із зовнішнього середовища всередину клітин.

Транспорт речовин через мембрани

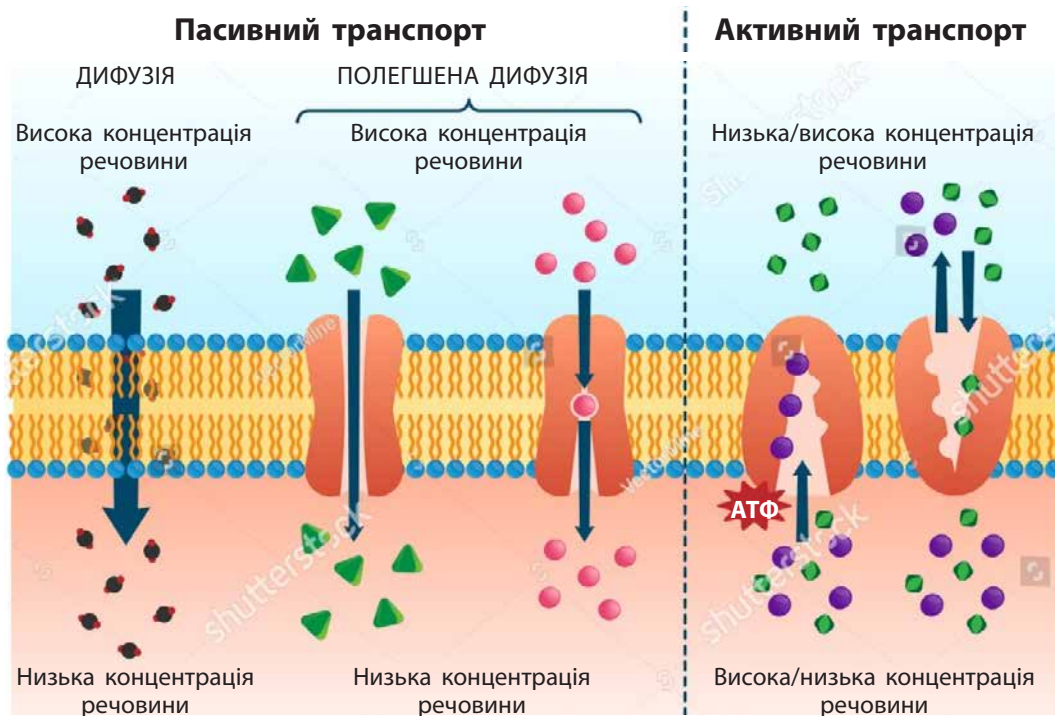
Транспортна функція мембран є надзвичайно важливою для життєдіяльності клітини. Найбільше значення для її здійснення мають білки. Вони можуть утворювати в мембрані наскрізні канали або транспортувати деякі речовини, тимчасово поєднуючись із ними.

Транспортування речовин через мембрану може відбуватися або без витрат енергії клітинами (пасивний транспорт), або з витратами (активний транспорт) (мал. 10.2). Пасивний транспорт здійснюється із зони з високою концентрацією

Найважливіші функції біологічних мембран

- Бар'єрна
- Рецепторна
- Транспортна

Мембрани виконують також структурну, захисну й ферментативну функції. Вони надають клітинам певної форми, захищають їх від пошкоджень і об'єднують окремі клітини тканин в одне ціле. Ферменти, які розташовуються на поверхні мембран, забезпечують виконання ферментативної функції, як-от під час травлення в кишечнику людини.



Мал. 10.2. Пасивний та активний транспорт через мембрану

речовини в зону з її низькою концентрацією. А активний транспорт, навпаки, із зони з низькою концентрацією в зону з високою концентрацією.

Через мембрану транспортуються як великі, так і малі молекули речовин. Переміщення малих молекул відбувається за допомогою простої дифузії, полегшеної дифузії, активного транспорту, а великих — завдяки **ектоцитозу** (мембранного транспорту із клітини) та **ендоцитозу** (мембранного транспорту до клітини).

Пасивний та активний транспорт

Шляхом простої дифузії здійснюється пасивний транспорт кисню та вуглекислого

газу через ліпідний двошар мембрани, а також йонів натрію, калію, хлору та кальцію через спеціальні канали всередині мембранних білків.

Молекули води також транспортуються пасивно через спеціальні білкові канали в мембрані, які називаються аквапоринами. Пасивний транспорт йонів і малих органічних молекул (глюкози, амінокислот) відбувається шляхом полегшеної дифузії за допомогою білків-переносників.

Активний транспорт йонів та малих органічних молекул також забезпечується білками-переносниками. Проте великі органічні молекули та йони транспортуються через мембрану активно шляхом ендо- чи екзоцитозу.



Ключова ідея

Клітинні мембрани — це структури, які оточують клітину й формують усередині неї низку органел. До їхнього складу входять ліпіди, білки й вуглеводи. Ліпіди утворюють подвійний шар. У кожному із шарів гідрофільні частини ліпідних молекул орієнтовані назовні, а гідрофобні — усередину. Склад зовнішнього і внутрішнього шарів ліпідів може відрізнятися. Основними функціями мембран є бар'єрна, транспортна й рецепторна.



Перевірте свої знання

1. Що таке мембрана? Які об'єкти вона оточує?
2. Яку будову має клітинна мембрана?
3. Які речовини входять до складу мембран?
4. Які функції виконують клітинні мембрани?
5. Чому деякі речовини не можуть проникати через мембрану шляхом простої дифузії?
- 6*. Які властивості фосфоліпідів зумовили те, що вони стали основою клітинних мембран?
- 7*. Чому для різних речовин клітини використовують різні механізми їх транспорту через мембрану?



§ 11. Органели клітин

? Поміркуйте

Чому така особливість будови клітини, як наявність клітинної стінки, дає переваги для бактерій? Які саме переваги?

← Згадайте

- З якими органелами рослинних клітин ви ознайомилися в попередніх класах?
- Які особливості є характерними для будови клітин бактерій?

Цитоплазма та немембранні органели

Цитоплазма — це основний уміст клітин, який складається з цитозолу, цитоскелета, органел і включень.

Цитозоль є напіврідкою субстанцією, щільність якої може суттєво змінюватися та яка забезпечує взаємозв'язок усіх компонентів клітини. Крім того, у цитозолу відбуваються важливі біохімічні реакції.

Органелами називають структури у складі клітин живих організмів, які мають характерну будову й виконують певні функції. Більшість із органел існують у клітинах постійно, а деякі органели можуть на певний час зникати, а потім знову утворюватися.

Органели поділяють на дві великі групи: мембранні й немембранні. Немембранними органелами є цитоскелет, клітинний центр, рибосоми, джгутики та війки (див. таблицю про немембранні органели клітин).

Немембранні органели клітин

Органела	Особливості будови	Функції
Цитоскелет	Це система мікротрубочок, утворених із білка тубуліну, й мікрониток, що формуються з білка актину	Утворює каркас клітини й забезпечує підтримання її форми, здійснює транспорт речовин і переміщення органел усередині клітини
Клітинний центр	Складається з комплексу білкових субодиноць. Може містити центріолі, які мають форму порожнього циліндра завдовжки 0,3–0,5 мкм і діаметром 0,15 мкм	Відіграє важливу роль у поділі клітин тварин та деяких рослин
Рибосоми	Мають складну форму і складаються з двох частин (субодиноць): великої та малої. До складу субодиноць входять молекули РНК і білків	Синтезують білки з амінокислот
Бактеріальні джгутики	Являють собою просту нитку, утворену з молекул білка. Вона закріплена на поверхні клітини спеціальним складним білковим комплексом, який забезпечує її обертання	Забезпечують рух бактеріальних клітин
Еукаріотичні джгутики та війки	Становлять собою порожнисті трубочки, уздовж внутрішньої поверхні яких розташовано дев'ять пар мікротрубочок. І ще дві мікротрубочки є в середній частині. Ззовні вкриті цитоплазматичною мембраною	Забезпечують рух еукаріотичних клітин

Мембранні органели

Мембранні органели (див. таблицю про основні мембранні органели клітин) відокремлені від інших частин клітини мембранами, які їх укривають.

Зазвичай мембранні органели поділяють на одномембранні та двомембранні.



Анімація
«Чим відрізняється
будова рослинної
і тваринної клітин»



Одномембранними органелами є ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, вакуолі, лізосоми, мікротільця (пероксисоми). До двомембранних органел відносять ядро, мітохондрії та пластиди. Утім, кількість мембран може бути й більшою. Так, пластиди багатьох груп водоростей можуть мати не дві (як у зелених рослин), а три або навіть чотири мембрани. Більш докладно про це — див. матеріал під QR-кодом до цього параграфа.

Основні мембранні органели клітин

Органела	Особливості будови	Функції
Ендоплазматична сітка	Система дрібних вакуолей і каналців, з'єднаних між собою. Розрізняють два основні типи ендоплазматичної сітки: агранулярну (гладеньку) і гранулярну (шорстку). На мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки розташовані рибосоми	Пов'язана з процесами синтезу і транспортування булків, бере участь у синтезі ліпідів і полісахаридів
Комплекс Гольджі	Система з 5–20 пласких мембранних мішечків (цистерн), розташованих у стовпчик паралельно одна до одної	Модифікація білків, упакування синтезованих продуктів у гранули, формування клітинної мембрани, транспорт речовин, синтезованих у клітині, за її межі
Вакуолі	Порожнини, розташовані в цитоплазмі, обмежені мембраною й заповнені рідиною	Травлення, накопичення продуктів життєдіяльності, регуляція водно-солевого обміну, підтримання тургору клітин
Лізосоми	Пухирці, оточені одинарною мембраною. Містять набір ферментів	Участь у роботі травних вакуолей, руйнування клітинних структур після закінчення терміну їхнього функціонування
Ядро	Зазвичай округла структура, укрита ядерною оболонкою з великою кількістю пор. Містить каріоплазму, хроматин і ядерце. Під час поділу клітини з хроматину утворюються хромосоми	Збереження, відтворення й реалізація спадкової інформації. Керування всіма процесами в клітині. Ядерце є місцем утворення рибосом
Мітохондрія	Внутрішня мембрана мітохондрій утворює вирости — кристи. Зовнішня мембрана гладенька. Внутрішнє середовище мітохондрій називається матриксом	Вироблення енергії в результаті процесів біологічного окиснення
Пластиди	Внутрішня мембрана може утворювати відокремлені від неї структури у вигляді сплюснених мішечків — тилакоїдів. Зовнішня мембрана гладенька. Внутрішнє середовище пластид називається строною	Здійснення процесу фотосинтезу. Синтез низки необхідних для цього процесу білків. Можуть забезпечувати забарвлення органів рослин і накопичувати резервні речовини



Ключова ідея

Цитоплазма є основою всіх клітин. Вона складається із цитозолю, цитоскелету, органел і клітинних включень. Цитозоль — це напіврідка речовина, яка заповнює клітину й може змінювати свою в'язкість. У цитозолі розташовані мембранні й немембранні органели. Немембранними органелами є цитоскелет, рибосоми, війки та джгутики. Мембранними органелами є ядра, мітохондрії, пластиди, ендоплазматична сітка, комплекс (апарат) Гольджі, вакуолі й лізосоми.



Перевірте свої знання

1. Які компоненти входять до складу цитоплазми?
2. Що таке органели? 3. Які існують немембранні органели й чим вони відрізняються від мембранних органел?
4. Які органели здійснюють процес фотосинтезу?

§ 12. Різноманіття клітин



Поміркуйте

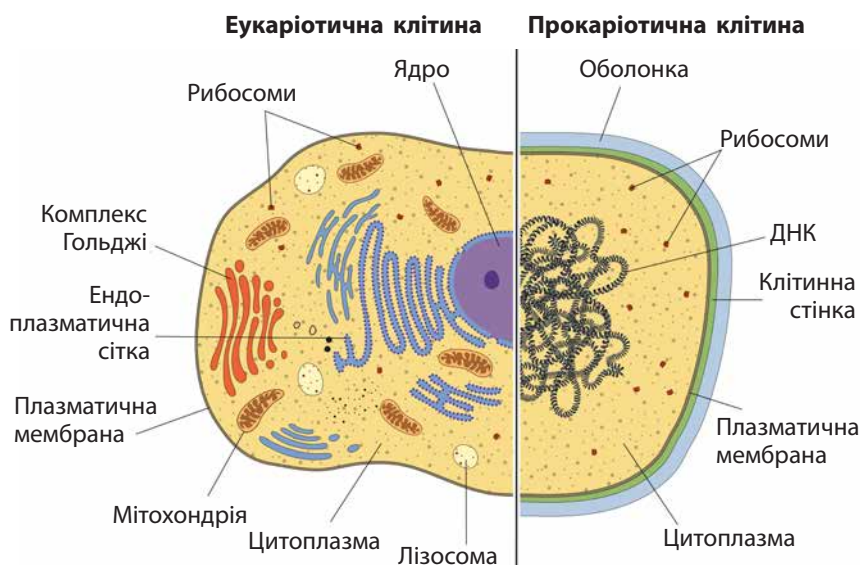
Навіщо нерухомим клітинам можуть бути потрібні війки?

Згадайте

- Які функції в клітині виконують пластиди?
- Чи можуть клітини рухатися? Яким чином?

Типи організації клітин

Усі живі організми, які мають клітинну будову, поділяють на **прокаріотичні** (прокаріоти) та **еукаріотичні** (еукаріоти). Їхні клітини відрізняються за розміром і організацією (мал. 12.1). Тож можна говорити про два типи клітинної організації: прокаріотичний та еукаріотичний.



Мал. 12.1. Порівняння будови клітин еукаріотів та прокаріотів

Прокаріотичні клітини

Прокаріотами є археї, бактерії та ціанобактерії. Це дрібні клітини розміром від 0,1 до 10 мкм, які не мають чітко сформованого ядра та більшості органел. Клітини оточені плазматичною мембраною, що вкрита клітинною стінкою. Клітинна стінка побудована з муреїну — складної речовини, яка утворена з полісахаридів і амінокислот. Клітинна стінка досить жорстка, але не перешкоджає проникненню малих речовин. Зовні вона може бути вкрита слизовою капсулою, яка забезпечує від висихання, механічного ушкодження клітини, проникнення вірусів та великих молекул. У деяких прокаріотів наявні додаткові поверхневі структури — ворсинки.

Ворсинки прокаріотів є виростами плазматичної мембрани, спрямованими назовні, за допомогою яких клітини рухаються, прикріплюються до субстрату та обмінюються молекулами ДНК. Містить рибосоми, гранули запасних речовин, слабо розвинутий цитоскелет і генетичний матеріал у вигляді нуклеоїда. У цитоплазмі ціанобактерій також містяться тилакоїди — мембранні комплекси, які відіграють провідну роль у процесах фотосинтезу, що здійснює клітина.



3D-модель
«Прокаріоти»

Нуклеоїд — це комплекс із кільцевої молекули ДНК і білка, який не оточений мембраною.



Еукаріотичні клітини

Еукаріотами є гриби, рослини і тварини. В еукаріотичних організмів наявні поверхневі структури, які забезпечують рух клітин, — джгутики й війки, що мають складну внутрішню будову. Також деякі еукаріотичні клітини можуть здійснювати амебоїдний рух.

Складна внутрішня структура клітини, наявність цитоскелета, ядра й мембранних органел уможливають еукаріотичним клітинам досягати набагато більших розмірів. Середній розмір клітин еукаріотів — близько 50 мкм. Вони також набули здатності утворювати стійкі комплекси клітин, різні клітини яких можуть виконувати різні функції. Це стало причиною виникнення справжньої багатоклітинності й появи великих за розмірами організмів: тварин, рослин і грибів.

Різноманітність еукаріотичних клітин

Величезне різноманіття еукаріотичних клітин зумовлюється способом, яким вони отримують енергію, здатністю до активного руху і складністю їх організації. На мал. 12.2 можна побачити відмінності будови клітин грибів, рослин і тварин.

Клітини грибів мають клітинну стінку з хітину. Вона захищає їх, підтримує їхню форму, забезпечує надходження поживних речовин та містить ферменти для позаклітинного травлення. У цитоплазмі цих клітин є вакуолі, які виконують запасальну функцію, лізосоми, ферменти яких забезпечують перетравлення органічних речовин, і гранули з глікогену — резервного полісахариду.

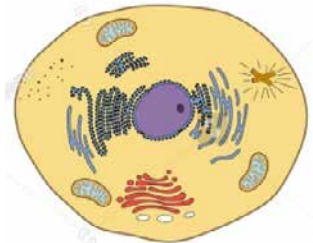
Рослинні клітини вкриті клітинною стінкою з целюлози, яка виконує захисну та опорну функції і забезпечує надходження речовин із зовнішнього середовища. У цитоплазмі рослинних клітин є вакуолі, які надають їм пружності та запасують різні речовини, пластиди, де утворюються й запасуються поживні речовини і резервні гранули з крохмалю.

Клітини тварин не мають клітинної стінки, завдяки цьому деякі з них здатні до активного руху (наприклад, амеба, інфузорія, фагоцити). Проте на зовнішній поверхні плазматичної мембрани є глікокалікс, який забезпечує взаємодію клітин між собою та сприйняття інформації. Дрібні вакуолі різних організмів виконують видільну, травну або скоротливу функцію. Ферменти лізосом розщеплюють складні поживні речовини. Резервні гранули містять глікоген. Пластиди у тваринних клітинах відсутні.

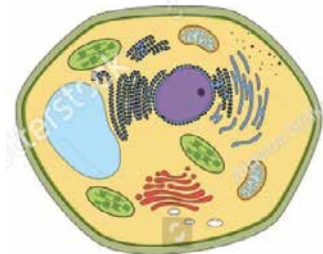
3D-модель
«Еукаріоти»



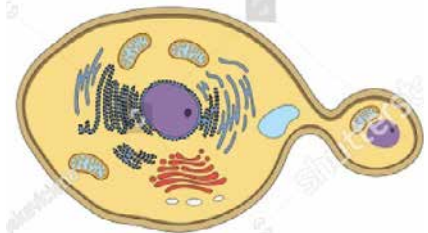
Тваринна клітина



Рослинна клітина



Клітина грибів



Мал. 12.2. Особливості будови клітин тварин, рослин і грибів (більш докладно — під QR-кодом до параграфа)



Ключова ідея

Виділяють два основні типи клітин живих організмів: прокаріотичні та еукаріотичні. Прокаріотичні клітини не містять ядра та мембранних органел. Еукаріотичні клітини відзначаються великим різноманіттям своєї будови. Клітини грибів і рослин мають клітинну стінку, а в клітинах тварин її немає. У той же час пластиди відсутні в клітинах грибів і тварин, але є в клітинах рослин.

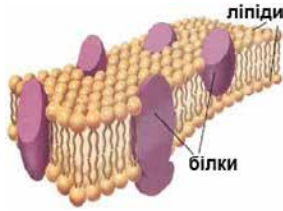
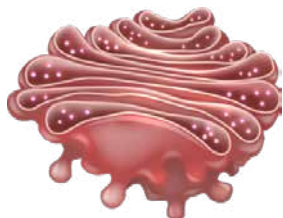
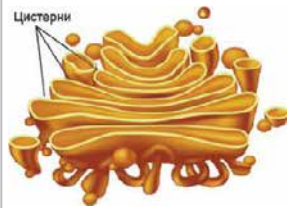


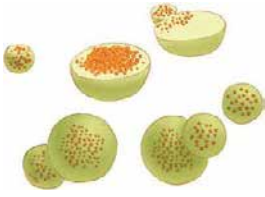
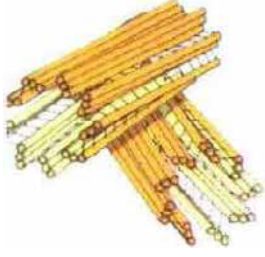
Перевірте свої знання

1. Які типи організації клітин існують? Чим вони відрізняються між собою? **2.** Які спільні особливості будови мають прокаріотичні та еукаріотичні клітини? **3.** Порівняйте транспорт речовин усередині клітин прокаріотів та еукаріотів. **4*.** Різноманітність типів клітин у грибів є меншою, ніж у тварин та рослин. З чим це може бути пов'язано? Відповідь обґрунтуйте.

Узагальнення знань за темою «Структура клітини»

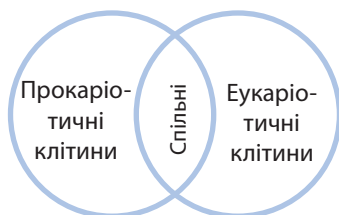
Основні компоненти еукаріотичної клітини

Компоненти клітини	Особливості будови	Що входить до складу структури?	Функції	Зображення
I. Плазматична мембрана	Ліпідний зовнішній та внутрішній шари, білки	Цитоплазматична мембрана	- Захист від хвороботворних мікроорганізмів - Зв'язок між окремими клітинами - Забезпечення транспорту речовин - Відокремлює цитоплазму від навколишнього середовища	
II. Цитоплазма	Напіврідка, напівв'язка речовина	Цитозоль, цитоскелет, органели і включення	- Взаємозв'язок усіх компонентів клітини - Біохімічні реакції	
<i>Органіди</i>				
1. Ендоплазматична сітка (ЕПС)	Дрібні канальці, які з'єднані між собою	Гладенька ЕПС	- Синтез гормонів - Накопичення і перетворення вуглеводів - Нейтралізація отрут	
		Шорстка ЕПС	Синтез і модифікація білків	
2. Рибосоми	2 частини (субодиниці) — велика та мала		Синтезують білки	
3. Мітохондрії	Двомембранна органела. Зовнішня — гладенька, внутрішня утворює вирости — кристи. Внутрішнє середовище — матрикс	Містять ДНК прокаріотичного типу і апарат синтезу білка	Виробляють енергію (АТФ)	
4. Комплекс (апарат) Гольджі	Одномембранна органела з цистернами — плоскими мішечками (5–20 стовпчиків)		- Упакування синтезованих продуктів у гранули - Синтез деяких вуглеводів - Формування клітинної мембрани - Транспорт речовин	

Компоненти клітини	Особливості будови	Що входить до складу структури?	Функції	Зображення
5. Лізосоми	Одинарна мембрана	Містить набір ферментів	1. Підтримують функцію травних вакуолей 2. Руйнують клітинні структури після закінчення терміну їхнього функціонування	
6. Клітинний центр	Комплекс білкових субодиниць	Містять центріолі — порожні циліндри завдовжки 0,3–0,5 мкм з діаметром 0,15 мкм	Поділ клітин тварин	
III. Ядро	Сферична або еліпсоїдна форма. Ядерна оболонка пронизана порами	Каріоплазма Хроматин Ядерце	1. Збереження спадкової інформації 2. Керує всіма процесами клітини 3. Місце утворення рибосом	

Компетентнісно орієнтовані завдання

1 За допомогою діаграми Венна поясніть відмінні та спільні ознаки прокаріотичних та еукаріотичних клітин.



2 Назвіть органели клітини, про які йдеться в кожному твердженні.

- Забезпечують клітину енергією в результаті процесів дихання.
- Керує процесами життєдіяльності клітин.
- Містить велику кількість хлорофілу.
- Містить хромосоми.
- Не містить хлорофілу, безбарвні пластиди.
- Система трубочок мембран, на якій розміщуються рибосоми.
- Пластида, що має будь-який колір (окрім зеленого).

3 У 2015 році шведською науковою спільнотою було відкрито новий тип організмів – *Lokiarchaeota*. Відібрані для сканування проби взяли в Північному Льодовитому океані на глибині майже три з половиною кілометри. Порівняльний аналіз генома *Lokiarchaeum* з іншими геномами організмів дозволив побудувати філогенетичне дерево, до якого увійшли еукаріоти й *Lokiarchaeum*.

З'ясуйте, до якого царства живої природи належать ці організми та яке біологічне значення вони мають.

4 Відома українська біофізикиня Галина Лавренчук у своєму інтерв'ю для медіа сказала: «Жоден комп'ютер будь-якої потужності за складністю ніколи не наблизиться до живої клітини». Що мала на увазі науковиця? Обґрунтуйте свою відповідь в есе.



Тестові завдання за темою
«Структура клітини»

Тема 3. Принципи функціонування клітини

§ 13. Обмін речовин та енергії в клітинах. Розщеплення речовин



? Поміркуйте

Як відбуваються надходження речовин, енергії та інформації в клітину?

← Згадайте

- Що таке система?
- Які типи органічних речовин є в клітинах живих організмів?

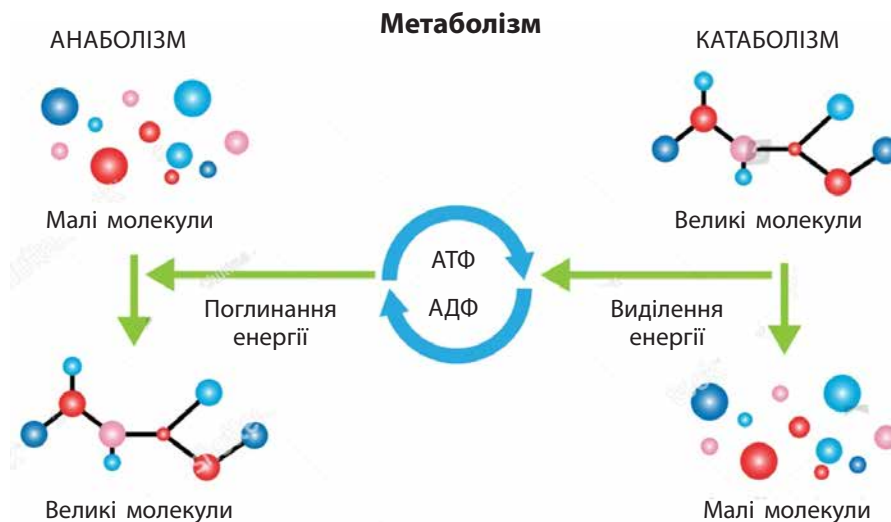
Метаболізм — комплекс хімічних реакцій, що відбувається в живих організмах.

Обмін речовин. Типи обміну

Клітина — це біологічна система, для елементів якої характерні спільний обмін речовин і перетворення енергії.

Обмін речовин — сукупність хімічних реакцій, необхідних для підтримання життя, які відбуваються всередині клітин.

Обмін речовин у клітині можна умовно поділити на два етапи: обмін із навколишнім середовищем і внутрішній обмін, або **метаболізм** (мал. 13.1). Під час обміну з навколишнім середовищем рослини, наприклад, поглинають воду, вуглекислий газ, мінеральні речовини тощо, а виділяють кисень, воду та інші речовини.



Мал. 13.1. Схема метаболізму

Метаболізм можна визначити як закономірний порядок перетворення речовин та енергії в клітині, спрямований на ріст, життєдіяльність та самовідтворення власне цієї клітини. Метаболізм будь-якої клітини складається з двох типів обміну або взаємопов'язаних комплексів реакцій. Це реакції пластичного (**анаболізм**) та енергетичного (**катаболізм**) обміну (більш докладно див. таблицю про особливості пластичного й енергетичного обміну).



Особливості пластичного й енергетичного обміну

Тип обміну	Пластичний (анаболізм)	Енергетичний (катаболізм)
Що відбувається	За рахунок енергії макроергічних зв'язків відбувається синтез складних органічних сполук із більш простих попередників	Розщеплення складних органічних сполук на простіші
Які перетворення енергії відбуваються	$\text{АТФ} \rightarrow \text{АДФ} + \text{Ф} + \text{енергія}$ Молекули АТФ, які містять макроергічні зв'язки, розпадаються на молекули АДФ і ортофосфатної кислоти (Ф). При цьому виділяється енергія, яка використовується для синтезу органічних сполук	$\text{АДФ} + \text{Ф} + \text{енергія} \rightarrow \text{АТФ}$ Енергія, яка виробляється під час окиснення органічних речовин, використовується для утворення молекули АТФ із молекул АДФ і ортофосфатної кислоти
Результат	Утворення органічних молекул, потрібних для життєдіяльності клітини	Енергія, яка виділяється, запасується клітиною у формі макроергічних зв'язків низки сполук (наприклад, АТФ)

Основні етапи енергетичного обміну

Розщеплення органічних речовин у ході енергетичного обміну відбувається в кілька етапів. Воно може починатися ще за межами організму, як, наприклад, у павуків, для яких характерним є зовнішнє травлення. Але основні процеси катаболізму відбуваються в клітинах (див., зокрема, таблицю нижче).

Особливості перебігу окремих етапів енергетичного обміну

Етапи розщеплення органічних речовин	Що відбувається	Де відбувається
Підготовча стадія енергетичного обміну	Макромолекули розщеплюються до мономерів. Утворюються молекули глюкози	Навколишнє середовище, травний тракт (ротова порожнина, шлунок, кишечник)
Перший етап клітинного дихання (анаеробний). Гліколіз та бродіння	Безкисневий етап розщеплення. Молекули глюкози розщеплюються до проміжних сполук: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{АТФ}$	Цитозоль
Другий етап клітинного дихання (аеробний). Киснєве розщеплення	Етап кисневого розщеплення. Проміжні сполуки окиснюються до низькомолекулярних речовин (вода, вуглекислий газ): $2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 36\text{АТФ}$	Мітохондрії



Ключова ідея

Обмін речовин є характерною рисою всіх живих організмів. Обмін речовин усередині організмів називають метаболізмом. Розрізняють два основні типи обміну: енергетичний (катаболізм) і пластичний (анаболізм). Під час катаболізму складні органічні сполуки розщеплюються до простих. Енергія, яка при цьому виділяється, запасується у вигляді АТФ. Під час анаболізму з простих органічних речовин із витратами АТФ синтезуються складні органічні сполуки.



Перевірте свої знання

1. Які існують типи обміну речовин?
2. Що таке метаболізм?
3. Що є результатом пластичного обміну?
4. Що є результатом енергетичного обміну?
5. Порівняйте перетворення енергії, які відбуваються за пластичного й енергетичного обміну.

§ 14. Клітинне дихання



Поміркуйте

Чому внутрішня мембрана мітохондрії утворює так багато складчастих структур?



Згадайте

- Що таке окиснення?
- У клітинах яких організмів є мітохондрії?

Що таке клітинне дихання

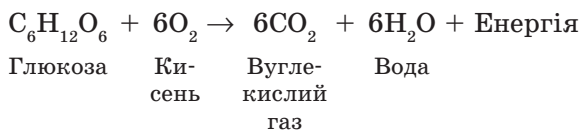
Клітинне дихання — це сукупність реакцій окиснення органічних речовин киснем, які відбуваються в клітинах живих організмів. Слід зазначити, що клітинне дихання і легеневе дихання — не одне й те саме. Легеневе дихання — це фізіологічний процес, унаслідок якого певні гази потрапляють із повітря в кров або з крові в повітря. А клітинне дихання — це біохімічний процес, сукупність хімічних реакцій у клітинах.

Клітинне дихання складається з двох етапів (мал. 14.1). Перший з них (гліколіз) відбувається в цитозолі, а другий (кисневий) — у мітохондріях.

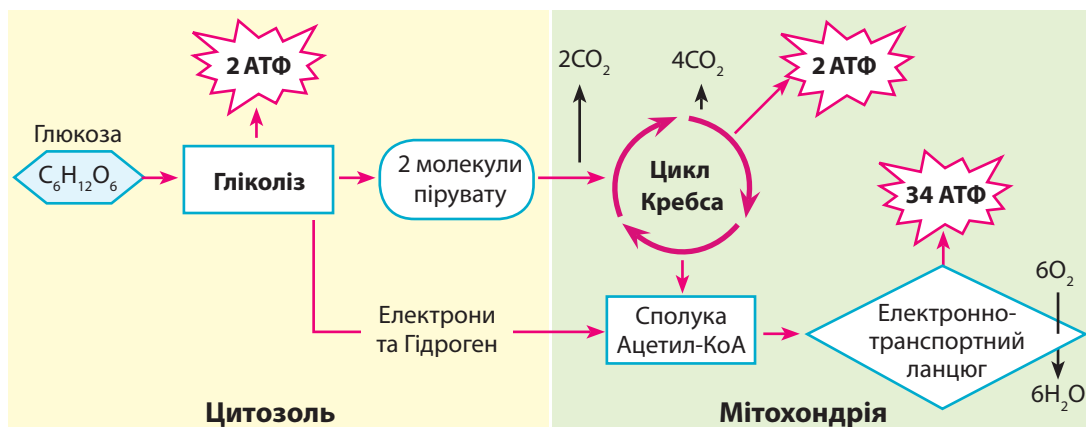
У рослин під час клітинного дихання окиснюються органічні речовини, синтезовані самою рослиною, у тварин і грибів — речовини, які організм отримує в результаті живлення або ті, що вони самі синтезують.

Біохімічні процеси клітинного дихання

Загальна формула біологічного окиснення:



У результаті першого етапу цього процесу (гліколізу), який відбувається в цитозолі, утворюється піруват (піровиноградна кислота). Він транспортується з цитозолу в матрикс мітохондрії, де за допомогою ферментів відбувається його окиснення до вуглекислого газу та води. Окиснення відбувається в кілька етапів, на кожному з яких виділяється енергія. Частина енергії виділяється у вигляді тепла (45 %), а 55 % запасається в АТФ.



Мал. 14.1. Схема процесу клітинного дихання



Гліколіз та його значення

Гліколіз — це біохімічний процес, який зазвичай відбувається в усіх клітинах організму і є одним із джерел постачання АТФ для клітини. Крім того, у процесі гліколізу утворюються сполуки, які використовуються в наступних процесах клітинного дихання.

Процес гліколізу складається з 10 біохімічних реакцій. У результаті цих реакцій утворюється дві молекули пірувату. У процесі гліколізу також витрачається дві й синтезується чотири молекули АТФ. Відповідно, з кожної молекули глюкози клітина отримує дві молекули пірувату і дві молекули АТФ.

Гліколіз не є аж таким енергетично вигідним процесом: дві молекули АТФ — це не дуже багато. Однак цей процес простий, надійний і достатньо швидкий! Він виник ще на ранніх стадіях життя і зараз є одним з основних метаболічних процесів усіх живих організмів.

Ефективність клітинного дихання

Ключовим етапом клітинного дихання є **цикл Кребса** (цикл трикарбонових кислот). Саме в реакціях цього циклу утворюються сполуки, які є джерелом протонів та електронів для процесу окиснення. Клітинне дихання — надзвичайно ефективний процес. Іще під час першого етапу клітинного дихання — гліколізу — з однієї молекули глюкози клітина отримує дві молекули АТФ, а на наступних етапах клітинного дихання до цих молекул додається ще 36 молекул.

Бродіння

Бродіння — це процес безкисневого перетворення пірувату, який утворився у процесі гліколізу в м'язах, на молочну кислоту з вивільненням енергії АТФ.

Бродіння також властиве бактеріям і дріжджовим грибам.

Залежно від того, які речовини утворюються, виділяють кілька різновидів бродіння.

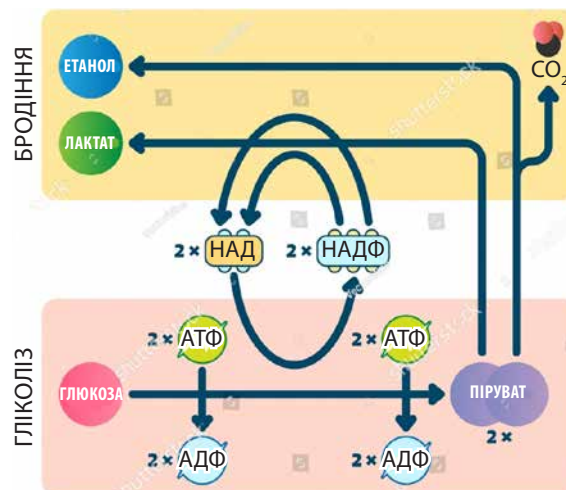
Спиртове бродіння характеризується утворенням молекул етилового спирту, води й вуглекислого газу (мал. 14.2).

Під час молочнокислого бродіння продуктом процесу є молочна кислота, а оцтового — оцтова кислота.

Великою перевагою гліколізу є те, що він не потребує кисню. Саме тому м'язи людини можуть працювати навіть в умовах нестачі кисню під час великих фізичних навантажень. Потрібну енергію вони отримують завдяки процесу гліколізу.



Анімація
«Як підходить тісто»



Мал. 14.2. Схема спиртового бродіння

! Ключова ідея

Клітинне дихання — це біохімічний процес, який відбувається в мітохондріях. У ході цього процесу органічні речовини, утворені під час гліколізу, окиснюються киснем, який надходить до клітини з навколишнього середовища. Частина енергії, яка при цьому виділяється, запасається клітинами у вигляді молекул АТФ.

≡ Перевірте свої знання

1. Що таке клітинне дихання? 2. Де відбувається клітинне дихання? 3. Які біохімічні процеси відбуваються під час клітинного дихання? 4*. Порівняйте процеси клітинного дихання і звичайного горіння. Знайдіть риси подібності й відмінності.

§ 15. Фотосинтез



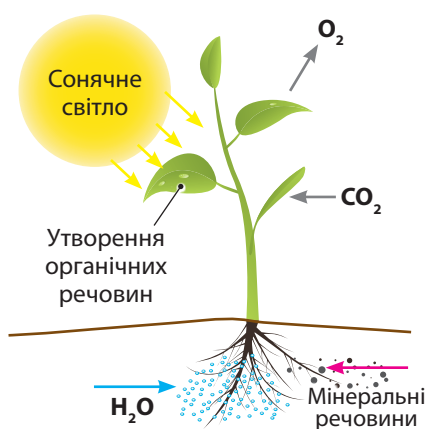
? Поміркуйте

Чому внутрішня мембрана хлоропласта утворює так багато складчастих структур?

← Згадайте

- Яку будови мають хлоропласти?
- У клітинах яких організмів є хлоропласти?

У клітинах рослин процес фотосинтезу відбувається в хлоропластах.



Мал. 15.1. Схема фотосинтезу

Результатом світлової фази фотосинтезу є утворення кисню, синтез АТФ та відновлення НАДФ.



Анімація
«Фотосинтез»

Де відбувається фотосинтез

Фотосинтез — це процес утворення живими організмами органічних речовин із неорганічних із використанням енергії світла (мал. 15.1). Фотосинтез здійснюють як одноклітинні живі організми (ціанобактерії та водорості), так і багатоклітинні (водорості та наземні рослини). Фотосинтез може відбуватися в усіх частинах організму, що містять хлоропласти.

Предками хлоропластів були прокаріотичні ціанобактерії. Ці бактерії перетворилися на хлоропласти, коли утворили симбіоз із еукаріотичними клітинами і стали жити всередині них. Окрім хлоропластів, існують також інші типи пластид: хромопласти й лейкопласти. Але фотосинтез у них не відбувається.

У результаті фотосинтезу з вуглекислого газу (CO_2) й води (H_2O) за допомогою сонячної енергії утворюються вуглеводи ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$):



Вугле-
кислий
газ

Вода

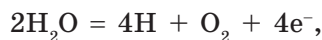
Глюкоза Кисень

Цей процес складається з двох основних фаз: світлової і темної (мал. 15.2).

Процеси світлової фази фотосинтезу

У ході світлової фази спочатку кванти світла вловлюються пігментом хлорофілом, який розташований на мембранах тилакоїдів. Енергія квантів переходить до електронів, які захоплюються молекулами-переносниками.

Енергія цих електронів використовується в тилакоїдах для синтезу АТФ. Електрони утворюються в результаті розщеплення води (фотолізу) під дією світла. Сумарне рівняння фотолізу води можна представити так:

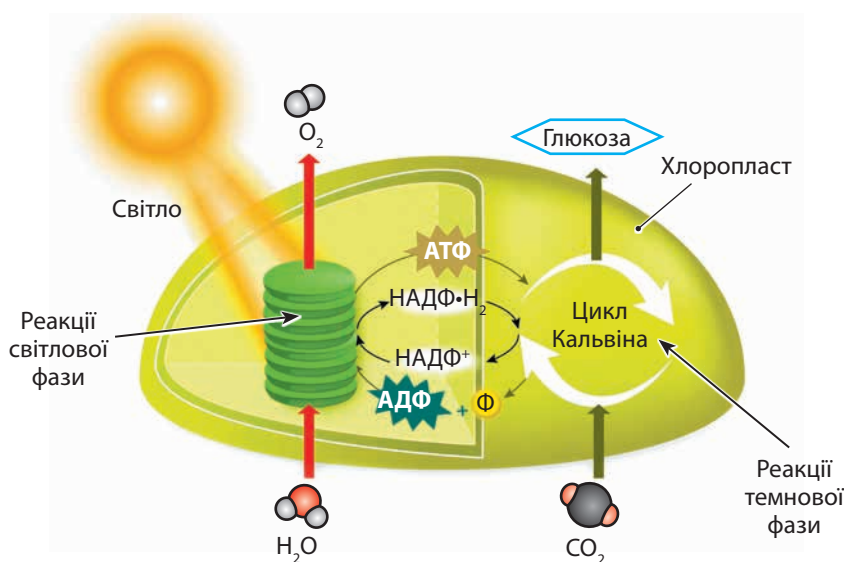


де e^- — електрон.

Кисень виділяється як побічний продукт реакції, а протони H^+ приєднують електрон, перетворюючись на атомарний. Гідроген, який підхоплюється молекулами-переносниками НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат). Приєднуючи до себе протони, вони стають акумуляторами енергії ($\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$) і використовуються в темновій фазі для синтезу вуглеводів.

Процеси темної фази фотосинтезу

Темнова фаза фотосинтезу відбувається в стромі хлоропластів. Сукупність реакцій, які задіяні в цьому процесі, називається циклом Кальвіна. У них за участю вуглекисло-



Мал. 15.2. Світлова й темнова фази фотосинтезу

го газу, що надходить іззовні, та продуктів світлової фази фотосинтезу НАДФ·Н₂ і АТФ утворюються молекули глюкози.

Ця фаза називається темною не тому, що світло не бере в ній участі. У більшості рослин вона відбувається як у темряві, так і на світлі, залежно від потреби клітин у глюкозі.

Біологічне значення та планетарна роль фотосинтезу

Процес фотосинтезу є основним способом утворення органічних речовин на нашій планеті. За рік фотосинтезуючі організми продукують понад 150 млрд тонн органічних речовин. Фотосинтез також забезпечує надходження в атмосферу кисню (щорічно

до 200 млрд тонн), який живі організми використовують у процесах дихання. Також фотосинтез перешкоджає накопиченню CO₂ в атмосфері, запобігаючи перегріванню планети.

Наслідками фотосинтезу стали формування великої кількості корисних копалин та озонового шару в атмосфері під дією ультрафіолетового випромінювання.

Наявність озонового шару різко знижує кількість ультрафіолетових променів, що надходять до поверхні планети. Це вберігає живі організми від можливих негативних наслідків (суттєво знижує ризик пошкодження молекул ДНК у клітинах).



Ключова ідея

Фотосинтез відбувається у хлоропластах і складається з двох фаз: світлової і темної. У ході світлової фази кванти світла вловлюються пігментом хлорофілом, і їхня енергія використовується для синтезу АТФ. У темній фазі фотосинтезу утворюються молекули глюкози. Живі організми в процесі фотосинтезу кисень виробляють, а в ході клітинного дихання споживають. Разом ці процеси забезпечують сприятливі умови для існування на Землі живих організмів.



Перевірте свої знання

1. Які типи пластид існують? **2.** У яких пластидах відбувається фотосинтез? **3.** Крім хлорофілу, у пластидах рослин є й інші пігменти. Навіщо вони їм потрібні? **4.** Які процеси відбуваються під час фази фотосинтезу: а) світлової, б) темної? **5.** Порівняйте світлову фазу фотосинтезу та аеробне дихання. Про які особливості варто зауважити? **6.** Яке значення клітинне дихання має для живих організмів? **7.** На конкретних прикладах поясніть, у чому полягає планетарна роль клітинного дихання. **8*.** Із додаткових джерел ознайомтеся із C₃-фотосинтезом і C₄-фотосинтезом. Порівняйте рослини, що мають ці типи фотосинтезу.

§ 16. Хемосинтез



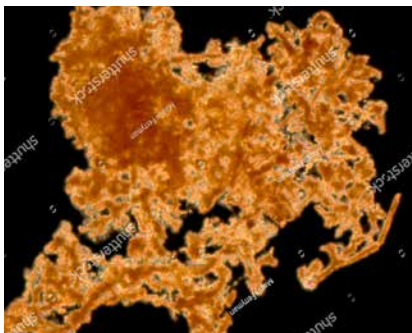
Поміркуйте

Звідки яким особливостям бактерії змогли опанувати різні способи отримання енергії?



Згадайте

- Чому вирощування бобових рослин підвищує родючість ґрунтів?
- Звідки рослини беруть енергію для процесу фотосинтезу?



Мал. 16.1. Залізобактерії

Основні принципи й різновиди хемосинтезу

Хемосинтезом називають процес утворення органічних речовин із неорганічних, який відбувається за рахунок енергії хімічних реакцій. Це реакції окиснення, які відбуваються у клітинах прокаріотичних організмів.

Для одержання енергії хемосинтезуючі організми можуть використовувати реакції окиснення водню або сполук Нітрогену, Феруму чи Сульфуру. Частина енергії, вивільненої під час окиснення, використовується для утворення АТФ. Хемосинтезуючі організми поділяють на групи за хімічними реакціями, які вони здійснюють.

Хемосинтезуючі мікроорганізми

Нітрифікуючі бактерії окиснюють амоніак та його сполуки до нітритів і нітратів. Зазвичай цей процес здійснюють два види бактерій. Перший окиснює амоніак до нітритів, а другий — нітрити до нітратів. Обидві групи бактерій перетворюють амоніак та його солі, що утворилися внаслідок розпаду органічних сполук, у легкодоступну для рослин форму. Очевидно, що здійснення цих реакцій потребує кисню. Тому для підвищення родючості ґрунту застосовують його розпушення.

Залізобактерії здійснюють окиснення Fe^{2+} до Fe^{3+} . Унаслідок їхньої діяльності утворюється ферум(III) оксид Fe_2O_3 . Цю сполуку бактерії відкладають у своїй слизовій капсулі (мал. 16.1).

Сіркобактерії окиснюють сірководень до сірки і далі до солей сульфатної кислоти. Сіркобактерії можуть жити в океанах на величезній глибині, у тих місцях, де з розломів земної кори у воду виходить сірководень (мал. 16.2). Колосальна кількість сіркобактерій існує в Чорному морі, де на глибинах понад 200 м вода насичена сірководнем.

Тіонові бактерії окиснюють відновлені сполуки Сульфуру та двовалентного Феруму до сульфатної кислоти. Деякі представники тіонових бактерій здатні виживати й розмножуватися за екстремальних концентрацій кислоти ($\text{pH} = 2$). Більшість із них є аеробами.

Хемосинтезуючі мікроорганізми

Група мікроорганізмів	Які речовини окиснюють	Де живуть
Залізобактерії	Солі Феруму	У прісних і солоних водоймах, у болотах
Тіобактерії (сіркобактерії)	Сполуки Сульфуру, сірку	У прісних і солоних водоймах, у болотах
Нітрифікуючі бактерії	Сполуки Нітрогену	У ґрунтах та водоймах
Водневі бактерії	Водень	У ґрунтах



Водневі бактерії використовують водень, який утворюється внаслідок розкладання залишків організмів іншими бактеріями. Цей водень вони окиснюють, а отриману енергію використовують для перетворення CO_2 на метан та інші органічні сполуки. Більш докладно про хемосинтезуючі організми див. у таблиці.

Біологічне значення і планетарна роль хемосинтезу

Органічна продукція хемосинтезу становить менше 1 % від фотосинтезу, проте він має величезне значення для біологічних і геохімічних процесів на Землі. Основне значення хемосинтезу полягає в тому, що він забезпечує колообіг найважливіших елементів зі змінним ступенем окиснення: Феруму, Сульфору, Нітрогену та інших.

Хемосинтезуючі організми продукують органічні речовини там, де фотосинтез неможливий. Так, глибоко на дні океанів існують справжні «оази життя» навколо «чорних паліїв». «Чорні палії» — це підводні гарячі джерела, вода яких насичена сполуками Сульфору. Сіркобактерії використовують ці сполуки для свого росту. А ними живляться інші живі організми.

Поблизу «чорних паліїв» мешкають гігантські черви погонофори, які вступають у симбіотичні відносини із сіркобактеріями. У дорослих червів немає сформованого травного тракту. Його залишки утворюють орган, населений сіркобактеріями. Ці бактерії синтезують органічні речовини, якими живляться черви. Натомість кров черва постачає бактеріям сірководень і кисень для реакцій окиснення.

Залізобактерії стали справжніми творцями корисних копалин. Більшість покладів залізних руд утворилося завдяки мільйонам років діяльності цих мікроорганізмів. А водневі бактерії живуть у ґрунтах і відіграють важливу роль у процесах перетворення речовин, які там відбуваються.

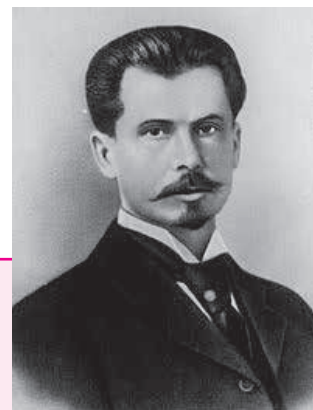


Мал. 16.2. Сіркобактерії



Дізнайтеся більше

Хемотрофи відіграють величезну роль у круговороті речовин, зокрема азоту, та підтримують родючість ґрунтів. Окрім того, завдяки роботі бактерій-хемосинтетиків у природі накопичуються численні запаси руди й селітри.



Сергій Миколайович Виноградський (1856–1953), український мікробіолог, який відкрив нітрифікуючі бактерії, що мешкають у середовищі із солями амонію за відсутності органічних речовин. Він довів, що деякі види бактерій здатні утворювати органічні речовини за рахунок хімічної енергії, що вивільняється під час окиснення.



Ключова ідея

Хемосинтезом називають процес утворення органічних речовин із неорганічних, який відбувається за рахунок енергії хімічних реакцій. Хемосинтезуючі організми поділяють на групи за тими реакціями, які вони використовують. Для одержання енергії мікроорганізми можуть використовувати реакції окиснення водню або сполук Нітрогену, Феруму чи Сульфору.



Перевірте свої знання

1. Що таке хемосинтез? **2.** Яке значення в природі має хемосинтез? **3.** Порівняйте між собою процеси хемосинтезу й фотосинтезу. **4.** Яке значення має хемосинтез для людини? **5*.** Чому хемосинтез менш поширений серед живих організмів, ніж фотосинтез?

§ 17. Синтетичні процеси в клітинах та організмах



Поміркуйте

Чим між собою відрізняються автотрофні та гетеротрофні організми?



Згадайте

- У яких органелах відбувається синтез білків?
- Які наслідки авітамінозу для здоров'я людини?

Синтезований глікоген накопичується переважно в клітинах печінки та м'язів.

Основні синтетичні процеси в клітинах

Пластичний обмін — це утворення складних органічних речовин із більш простих. Різновидами пластичного обміну є процеси фотосинтезу й хемосинтезу, синтез простих органічних сполук і біополімерів (детальніше про це див. у таблиці).

Для реакцій пластичного обміну у своїх клітинах усі живі організми використовують зовнішні джерела енергії та атоми Карбону.

Різниця полягає в джерелах, із яких вони їх отримують. Автотрофи здійснюють біосинтез із неорганічних речовин (вуглекислого газу і води), використовуючи енергію світла (фототрофи) або хімічних реакцій окиснення (хемотрофи). Гетеротрофи синтезують біомолекули з готових органічних речовин, які є джерелом простих органічних сполук і енергії.

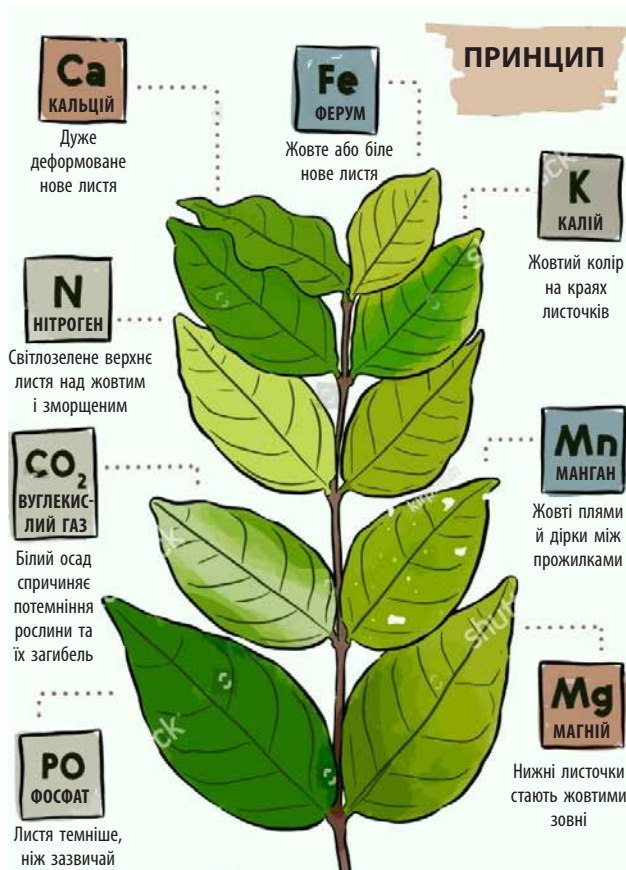
Глікогенез

У рослинах глюкоза, синтезована в реакціях фотосинтезу, полімеризується до крохмалю. Саме крохмаль є запасним полісахаридом рослин. У грибів, тварин і людини вуглеводи також запасуються, але переважно у вигляді глікогену. Це полісахарид, теж полімер глюкози. Структурно глікоген є аналогом крохмалю, але має більший ступінь розгалуженості.

Процес біосинтезу глікогену називається **глікогенезом**. Глікогенез стимулюється гормоном інсуліном. Полімеризація здійснюється за участю кількох ферментів, що будують прямі або розгалужені ланцюжки глікогену. У лінійних ділянках основного ланцюга залишки глюкози зв'язані 1,4-глікозидними зв'язками, тоді як точки розгалуження формуються 1,6-глікозидними зв'язками.

Особливості перебігу окремих процесів анаболізму (пластичного обміну)

Процес	Що відбувається	Де відбувається
Фотосинтез	Синтез проміжних сполук із неорганічних речовин	Хлоропласти
Утворення моносахаридів амінокислот, жирних кислот тощо	Синтез мономерів із проміжних сполук	Хлоропласти, цитозоль
Утворення полімерів	Синтез білків, вуглеводів, ліпідів та нуклеїнових кислот із мономерів	Цитозоль, хлоропласти, мітохондрії, ендоплазматична сітка, ядро



Мал. 17.1. Наслідки нестачі елементів та сполук у метаболізмі рослин

Біосинтез жирних кислот і ліпідів

Жири в організмі тварин синтезуються з вуглеводів, тому найшвидше жирні кислоти і жири синтезуються після вживання вуглеводневої їжі. Найбільш активно цей процес відбувається в печінці та жировій тканині. Синтез жирних кислот і жирів називається **ліпогенезом**. Їхній синтез відбувається в цитоплазмі клітини. Субстратом для синтезу є ацетил-КоА. Процес циклічний: у кожному циклі до радикалу жирної кислоти, що поступово подовжується, додається два атоми Карбону. У кожному циклі використовується НАДФ Н і АТФ. Кінцевим продуктом синтезу є пальмітинова кислота, що має 16 атомів Карбону

Схожість процесів обміну в різних організмів

У клітинах рослин, тварин і грибів основні біохімічні процеси відбуваються однаково. Однаково також відбуваються процеси клі-

тинного дихання, зокрема реакції гліколізу та циклу Кребса. В усіх організмах нуклеїнові кислоти і білки синтезуються за однією й тією ж схемою. А в процесах цього синтезу задіяні однакові комплекси ферментів. Та й процеси регуляції дуже схожі. І хоча такі біохімічні процеси не є абсолютно тотожними, але послідовність основних реакцій у всіх випадках однакова.

Наукова спільнота вважає це наслідком того, що всі еукаріотичні клітини мають спільного предка, у клітинах якого всі ці біохімічні процеси вже відбувалися.

Наслідки порушення обміну речовин

Порушення обміну речовин можуть виникати з різних причин. Наприклад, нестача вітамінів у їжі призводить до гіповітамінозів у людини, і тоді розвиваються такі захворювання, як рахіт, цинга або бері-бері. Нестача або надлишок певних хімічних елементів може призводити й до порушення обміну речовин у рослин. Найчастіше це є причиною зниження інтенсивності росту або пошкодження листків рослин (мал. 17.1).

Також порушення можуть виникати внаслідок генетичних змін — мутацій. З ними ви більш докладно ознайомитеся в наступних параграфах підручника.



Ключова ідея

Синтетичні процеси активно відбуваються в багатьох органелах клітин. Біохімічним процесом, який об'єднує їх між собою і з процесами енергетичного обміну, є цикл Кребса. Головні біохімічні процеси в клітинах різних організмів схожі. А їхнє порушення призводить до тяжких наслідків.



Перевірте свої знання

1. Де в клітинах відбувається синтез органічних речовин?
2. Яке значення для клітин має цикл трикарбонових кислот?
3. Чому нестача або надлишок вітамінів може впливати на обмін речовин у людини?
- 4*. Рослини здатні синтезувати всі потрібні їм амінокислоти. У багатьох тварин частина амінокислот в організмі не синтезується і повинна надходити з їжею (так звані незамінні амінокислоти). З чим це пов'язано?
- 5*. У чому проявляється схожість процесів у клітинах представників різних царств живих організмів? Побудуйте порівняльну таблицю.

Узагальнення знань за темою «Принципи функціонування клітини»

Внутрішньоклітинні перетворення речовин та енергії (метаболізм)

Назва процесу метаболізму	Що відбувається	Що синтезується або розщеплюється	Де відбувається
Катаболізм	Розщеплення складних речовин на простіші (енергія виділяється й запасається)	Гліколіз, ліполіз, протеоліз, бродіння, кисневе окиснення	Цитозоль, мітохондрії
Анаболізм	Синтез складних речовин із простіших (енергія витрачається)	Фотосинтез, хемосинтез, біосинтез білків та ліпідів	Рибосоми, ЕПС, апарат Гольджі

Обмін речовин в організмі людини

Отримує з навколишнього середовища	Утворюються в організмі	Виділяє в навколишнє середовище
Кисень, вода, органічні й неорганічні речовини, енергія (у складі продуктів харчування)	Білки, ліпіди, вуглеводи, нуклеїнові кислоти, АТФ	Вуглекислий газ, піт, вологе повітря з легень, сеча, кал, тепло

Особливості обміну речовин різних груп організмів

Гетеротрофи	Фотоавтотрофи	Хемоавтотрофи
Енергію для життєдіяльності отримують у результаті окиснення органічних речовин		
Карбон для синтезу власних органічних речовин отримують:		
з органічних речовин інших організмів	з неорганічних речовин, використовуючи енергію Сонця	з неорганічних речовин, використовуючи енергію хімічних реакцій
Процеси, що відбуваються:		
Клітинне дихання	Фотосинтез Клітинне дихання	Хемосинтез Клітинне дихання

Схема фотосинтезу

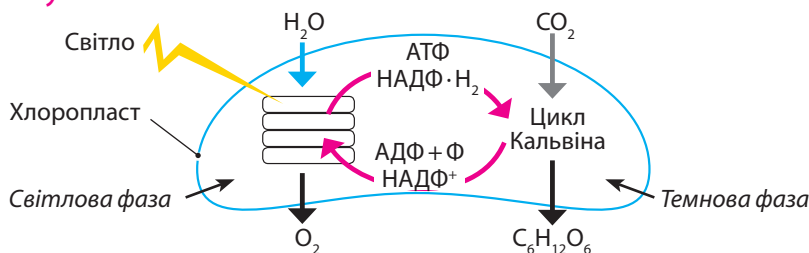
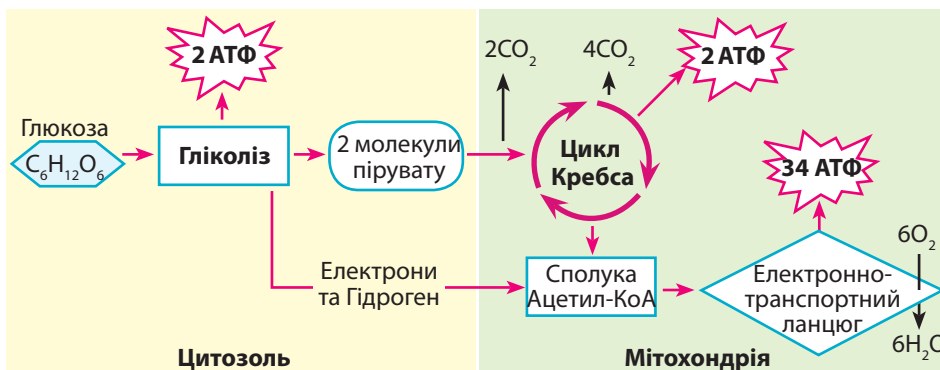
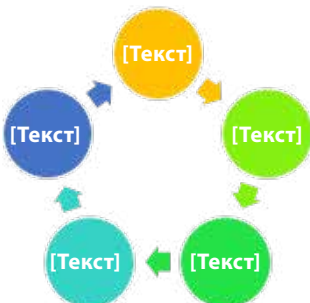


Схема клітинного дихання

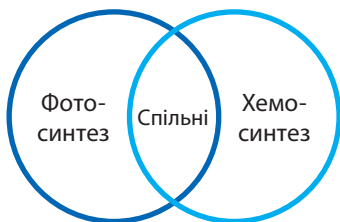


Компетентнісно орієнтовані завдання

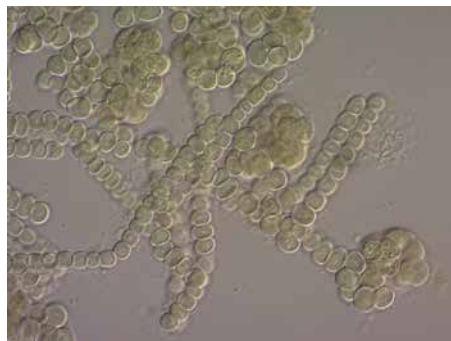
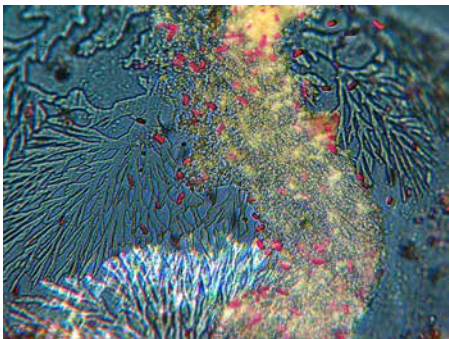
- 1 За допомогою циклічної діаграми поясніть процеси світлової та темної фаз фотосинтезу.



- 2 Які органи рослин мають найбільшу кількість хлоропластів? Чому? Поясніть свою відповідь.
- 3 Поміркуйте, як вплине на процеси клітинного дихання вживання ягід, плодів та грибів, зібраних поблизу автомобільних доріг.
- 4 Спрогнозуйте вплив втрати лісів на клітинне дихання інших організмів.
- 5 Опишіть два альтернативних шляхи фотосинтезу, які зустрічаються в рослин. Запропонуйте, як ці пристосування можуть допомогти рослинам.
- 6 За допомогою діаграми Венна поясніть відмінні та спільні ознаки процесів хемосинтезу та фотосинтезу.

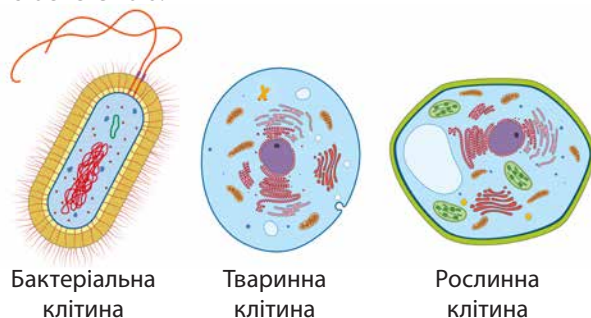


- 7 Розгляньте два типи бактерій: ціанобактерії та зелені сіркобактерії. З'ясуйте, який фотосинтезуючий пігмент у них присутній.



- 8 «Наш світ занурений у величезний океан енергії, ми летимо в нескінченному просторі з незбагненною швидкістю. Все навколо обертається, рухається — усе енергія», — так писав сербський та американський винахідник і фізик Нікола Тесла. Як гадаєте, де і як клітина накопичує й зберігає свій енергетичний капітал? Відповідь обґрунтуйте в есе.

- 9 Розгляньте й порівняйте прокаріотичну та еукаріотичні клітини. Доведіть, що кожен тип клітини є біосистемою.



- 10 Складіть схему, використавши в ній наведені поняття: автотрофи, залізобактерії, зелені водорості, нітрифікуючі бактерії, пурпурні сіркобактерії, фотосинтезуючі організми, хвощі, хемосинтезуючі організми, ціанобактерії, червоні водорості.

- 11 За допомогою методу кроссенсу встановіть взаємозалежність між зображеннями й з'ясуйте, про який процес в організмі людини йдеться.

1 ряд: піца — ротова порожнина — система органів травлення

2 ряд: спортсмен — еритроцити — коло кровообігу

3 ряд: вода — м'язи людини



Тестові завдання за темою
«Принципи функціонування клітини»

Тема 4. Збереження та реалізація спадкової інформації

§ 18. Гени. Будова генів



? Поміркуйте

Чому нуклеїнові кислоти є зручним матеріалом для збереження спадкової інформації?

← Згадайте

- Які функції виконують у клітині нуклеїнові кислоти?
- Де в клітині міститься ДНК?

Спадкова інформація

Чому діти схожі на батьків, а з насіння соняшника виростає соняшник, а не пшениця? Справа в тому, що організм нащадків формується на основі інформації, яку він отримує від своїх батьків. Саме вона визначає розмір і форму організму, будову й функції його клітин та органів. Цю інформацію називають **спадковою**, або **генетичною**. Спадкова інформація міститься в молекулах ДНК, які є в кожній клітині організму.

У клітинах еукаріотів ДНК входить до складу хромосом, що містяться в ядрах клітин. А з клітин утворюються всі тканини й органи.

Гени

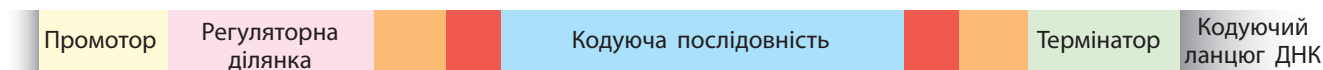
Уся спадкова інформація організму кодується у вигляді певних послідовностей нуклеотидів у генах. **Ген** — це ділянка молекули ДНК, яка містить інформацію про первинну структуру білка або РНК і відповідає за розвиток певної ознаки. Але більшість ознак утворюються в результаті взаємодії кількох генів.

У яких структурах розташовані гени? У прокаріотів вони зосереджені у великій кільцевій молекулі ДНК (це нуклеоїд або бактеріальна хромосома). Крім того, вони є в невеликих кільцевих молекулах ДНК — плазмідах (мал. 18.1 та 18.2).

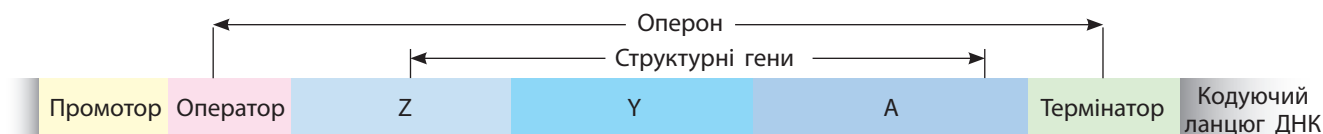
В еукаріотів гени містяться в хромосомах ядра (мал. 18.3), мітохондріях і пластидах. Відповідно до місця розташування, гени еукаріотів поділяють на ядерні, мітохондріальні та гени пластид.

Типи генів

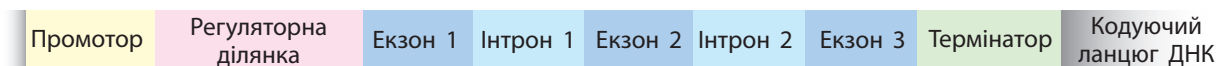
За функціями гени живих організмів можна об'єднати у дві великі групи: **структурні** й **регуляторні**. Структурні гени містять інформацію про будову молекул білків та РНК які забезпечують безпосередній синтез цих молекул. Їхній розмір складає сотні й тисячі нуклеотидів.



Мал. 18.1. Загальна схема будови гена



Мал. 18.2. Будова оперона прокаріотичного організму



Мал. 18.3. Будова еукаріотичного гена



Регуляторні гени регулюють діяльність структурних генів, можуть її прискорити чи вповільнити або й зовсім припинити синтез продукту гена, який клітині наразі не потрібен. Їхній розмір становить кілька десятків нуклеотидів.

Схема будови гена

Усі гени мають однакову схему будови. Вони складаються з кількох ділянок.

Головною ділянкою будь-якого гена є та, яка містить інформацію про будову молекули білка або РНК (продукту гена). Це кодуєча частина гена. Інші ділянки гена — некодуєчі. Вони не містять інформації про будову молекул, синтез яких забезпечує ген. Але вони відповідають за діяльність гена.

Некодуєчими ділянками гена є промотор і термінатор.

Гени прокаріотів

Гени прокаріотів мають відносно просту структуру. Частіше за все кожен із цих генів містить інформацію лише про одну структуру — молекулу білка або РНК.

Гени прокаріотичних організмів часто організовані в оперони. **Оперон** — структура, яка складається з кількох структурних генів. Завдяки йому прокаріоти за один раз здатні синтезувати продукти кількох генів. Структурні гени в опероні розташовані поряд і мають на всіх один спільний промотор, один спільний термінатор і один спільний оператор, який регулює його роботу.

Гени еукаріотів

На відміну від генів прокаріотів, гени еукаріотичних організмів не утворюють оперонів. Кожний із них має свої власні промотор і термінатор. Окрім того, у цих генах більш складна будова. До складу їхньої ділянки ДНК входять послідовності нуклеотидів, які не містять інформації, потрібної для синтезу продукту гена (молекули білка або РНК). Такі ділянки називають **інтронами**. Ті ділянки, які містять необхідну інформацію, називають **екзонами**.

Зазвичай еукаріотичний ген містить по кілька інтронів та екзонів.

Анімація
«Що таке ген»



Промотор — це ділянка гена, яка позначає місце, де починається синтез РНК.

Термінатор — та ділянка, де закінчується синтез. Окрім того, до складу гена входять регуляторні ділянки, які регулюють його роботу.

Прикладом оперона може бути лактозний оперон кишкової палички. Він містить гени, які кодують ферменти, потрібні для метаболізму вуглеводу лактози.

Важливою складовою еукаріотичних генів є регуляторні ділянки. За допомогою цих ділянок клітина може прискорювати або вповільнювати синтез продукту гена. Така будова дозволяє еукаріотичним організмам здійснювати дуже тонку регуляцію роботи їхніх генів.



Ключова ідея

Спадкова інформація записана в генах — ділянках ДНК, кожна з яких виконує одну або кілька функцій. Гени поділяють на структурні й регуляторні. Для функціонування генів живих організмів потрібна наявність спеціальних ділянок для початку (промотор), регуляції і завершення (термінатор) зчитування інформації. Гени еукаріотичних організмів містять некодуєчі (інтрони) і кодуєчі (екзони) ділянки ДНК. Окрім того, ці гени мають у своєму складі регуляторні ділянки, які змінюють швидкість їхньої діяльності.



Перевірте свої знання

1. Яка речовина зберігає спадкову інформацію у клітинах живих організмів? 2. Що таке ген? 3. Які існують типи генів? 4. Чим відрізняються між собою структурні й регуляторні гени? 5. Навіщо генам потрібен промотор? 6. Навіщо генам потрібен оператор? 7. Що таке оперон? 8. Що таке інтрони? 9. Порівняйте між собою гени прокаріотів та еукаріотів.

§ 19. Геноми



? Поміркуйте

Чи може ДНК в еукаріотів знаходитися в цитоплазмі?

← Згадайте

- У яких органелах клітини еукаріотів знаходиться ДНК?
- Навіщо потрібні регуляторні гени?

У середньому розмір геному в прокаріотичних організмах менший, ніж в еукаріотичних. Це пов'язано з більш складною будовою геному еукаріотів.

Геном регулює всі процеси в клітині. Це утворення потрібних речовин, взаємодія клітин між собою, реакція на зовнішні подразники та інші процеси.

Остаточна роль некодуєчих ділянок ДНК ще не з'ясована.

Що таке геном

Усі гени організму входять до складу геному. **Геном** — це сукупність усієї спадкової інформації організму, що містить гени і некодуючі ділянки ДНК. Крім генів, до складу геному організму входять ділянки молекули ДНК, які не утворюють продуктів. Геном кожного організму складається з єдиної у своєму роді послідовності нуклеотидів. У цій послідовності розрізняють унікальні ділянки (в одному або кількох екземплярах і повторювані (сотні й тисячі разів)). За унікальними ділянками можна ідентифікувати певну особину.

Розмір геному

Розмір геномів живих організмів визначається, як кількість пар нуклеотидів у ланцюгах ДНК. Але схожі за розміром геноми можуть містити різну кількість генів (див. таблицю про розмір геному).

Особливості геномів прокаріотів

Основна частина геному прокаріотів зосереджена в бактеріальній хромосомі. Це кільцева молекула ДНК, яка зазвичай в одному місці прикріплюється до клітинної мембрани. Крім цієї ДНК, до складу геному еукаріотів входять плазміди. Плазміди є маленькими кільцевими молекулами ДНК, які розташовані в цитоплазмі клітини. Геном прокаріотів не містить або містить дуже мало некодуючих ділянок ДНК. Частіше такі ділянки зустрічаються в геномі архей.

Особливості геномів еукаріотів

Характерною рисою геномів еукаріотів є те, що більша частина їхньої ДНК представлена некодуючими ділянками. Спочатку таку ДНК називали смітцевою, бо думали, що вона не потрібна. Але потім виявилось, що вона може відігравати важливу роль у регуляції роботи геному та еволюційних процесах.

Геноми еукаріотів поділяються на дві великі частини: ядерну і позаядерну. Основна частина генів еукаріотів зо-

Розмір геному та кількість генів у геномі для деяких видів живих організмів

Організм	Приблизна кількість генів	Приблизна кількість пар нуклеотидів
Кишкова паличка	4 200	4,6 млн
Тополя	73 000	480 млн
Пекарські дріжджі	6 200	12,1 млн
Шовкопряд	14 000	432 млн
Миша	20 200	2,7 млрд
Людина	20 000	3,2 млрд



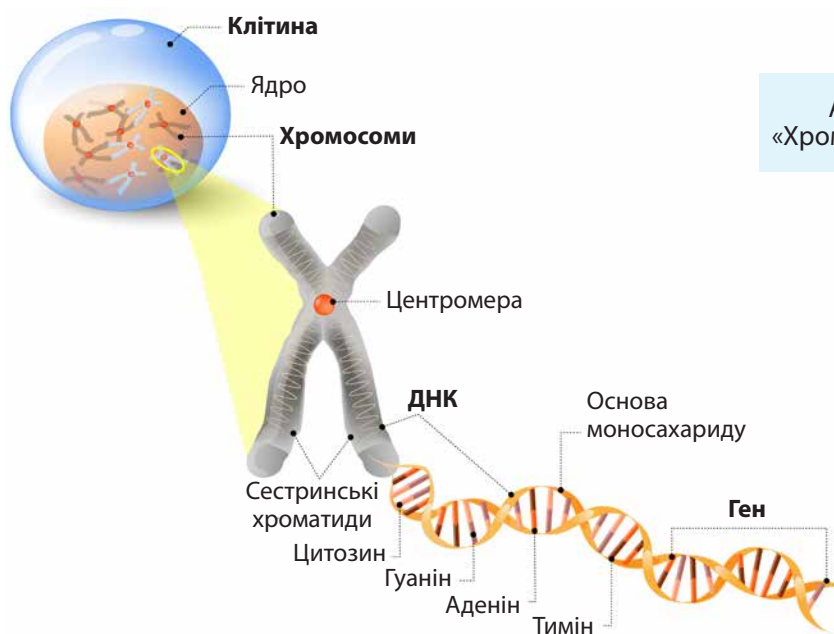
Порівняння особливостей геномів прокаріотів та еукаріотів

Ознака	Прокаріоти	Еукаріоти
Місце розташування більшості генів геному	Бактеріальна хромосома (нуклеоїд) — велика кільцева молекула ДНК	Хромосоми розташовані в ядрі клітини
Інші місця розміщення генів	Плазмідні — невеликі кільцеві молекули ДНК у цитоплазмі	Невеликі кільцеві молекули ДНК в пластидах і мітохондріях, інколи плазмідні
Наявність некодуючих ділянок усередині генів	Відсутні в більшості представників, у деяких груп наявні в незначній кількості	Присутні у вигляді інтронів
Наявність некодуючих ділянок ДНК поза генами	Присутні в невеликій кількості й мають маленький розмір	Присутні у великій кількості. Складають більшу частину геному
Наявність оперонів	Є	Відсутні

середжена в ядерній частині геному. Ядерна частина представлена генами, які розташовані в хромосомах ядра клітини (мал. 19.1).

Позаядерна частина геному представлена ДНК мітохондрій і пластид. Ця ДНК має форму кільця, вона не пов'язана з білками

і за своєю будовою дуже схожа на бактеріальну хромосому. Деякі еукаріоти (наприклад, дріжджі) можуть мати також у своїх клітинах плазмідні (докладніше про особливості генотипів прокаріотів та еукаріотів див. у таблиці).



Анімація
«Хромосома»



Мал. 19.1. Хромосоми — місце збереження спадкової інформації



Ключова ідея

Сукупність генів організму називають геномом. До складу геному входять структурні та регуляторні гени, а також ділянки ДНК, які не кодують спадкової інформації, наприклад інтрони в генах еукаріотів. Розмір геномів може визначатися як за кількістю генів, які входять до його складу, так і за кількістю пар нуклеотидів ДНК.



Перевірте свої знання

1. Що таке геном? **2.** Як визначають розмір геному? **3.** Чому розмір геномів еукаріотів суттєво більший, ніж у прокаріотів? **4*.** Ділянки ДНК, які кодують структуру білкових молекул, становлять дуже невелику частину геному еукаріотів. Складіть список функцій, які можуть виконувати інші частини геному.

§ 20. Реалізація спадкової інформації. Транскрипція та дозрівання РНК



? Поміркуйте

Які переваги дає бактеріям наявність в їхньому геномі оперонів?

← Згадайте

- Що таке ген?
- Що таке геном?

Експресія генів і основні типи РНК

Експресія генів — це процеси, у яких спадкова інформація використовується для синтезу різних типів РНК: інформаційних, або матричних (іРНК або мРНК), рибосомальних (рРНК), транспортних (тРНК) і малих ядерних РНК (мяРНК). Вони виконують різні функції й виробляються клітинами в різній кількості (більш детально про це див. у таблиці про основні типи РНК).

Етапи реалізації спадкової інформації

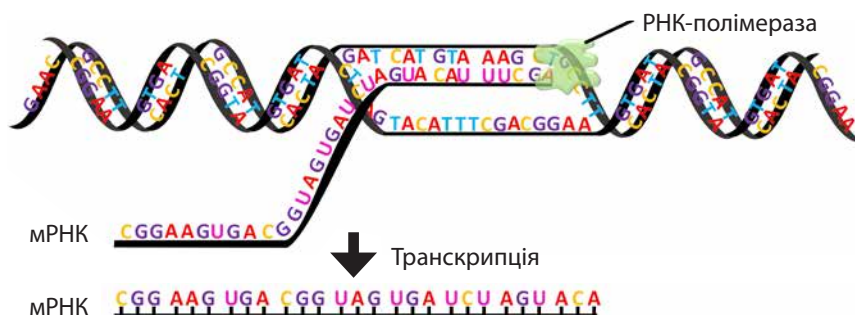
Спадкова інформація, яка зберігається в ДНК, використовується клітиною у вигляді синтезованих продуктів (молекул РНК і білків). Реалізація цієї інформації відбувається в кілька етапів: транскрипція, дозрівання РНК і трансляція (детальніше про основні етапи спадкової інформації див. у таблиці).

Характеристика основних типів РНК

Тип РНК	Особливості будови	Функції
Інформаційна, або матрична, РНК (іРНК, або мРНК)	Одинарний ланцюжок	Переносить інформацію про послідовність амінокислот у білкових молекулах від ДНК до місця синтезу білків
Рибосомальна РНК (рРНК)	Одинарний ланцюжок має складну форму, утворює комплекси з білками (нуклеопротейди)	Входить до складу рибосом, які здійснюють синтез білків
Транспортна РНК (тРНК)	Одинарний ланцюжок, різні ділянки якого взаємодіють між собою й утворюють складну просторову форму	Доставляє до місця синтезу білків амінокислоти, які містяться в цитозолі клітини
Малі ядерні РНК (мяРНК)	Одинарні ланцюжки. Невеликі за розміром молекули, які містяться в ядрі клітини. Їх існує кілька різновидів. Зазвичай утворюють комплекси з білками	Беруть участь у процесах дозрівання РНК

Основні етапи реалізації спадкової інформації

Етап	Де відбувається	Які процеси відбуваються	Які структури беруть участь
Транскрипція	У прокариотів у цитоплазмі. В еукаріотів у ядрі, мітохондріях і пластидах	Синтез ланцюга іРНК за зразком одного з ланцюгів ДНК	ДНК та комплекс ферментів, головним із яких є РНК-полімераза
Дозрівання РНК (процесинг)	У ядрі клітин еукаріотів	З молекули іРНК видаляються інтрони, а екзони об'єднуються в одну молекулу іРНК	Невеликі молекули мяРНК, білки-ферменти
Трансляція	У прокариотів — у цитоплазмі. В еукаріотів у цитоплазмі, на гранулярній ендоплазматичній сітці, у мітохондріях і пластидах	Синтез молекул білка на рибосомі згідно з інформацією молекули РНК	Рибосоми, молекули тРНК та іРНК, АТФ



Мал. 20.1. Процес транскрипції

Транскрипція

Як ви вже знаєте, на етапі транскрипції відбувається синтез молекули іРНК за зразком одного з ланцюгів молекули ДНК. Під час синтезу молекули РНК нуклеотиди приєднуються до її ланцюга за принципом комплементарності. Зауважимо, що проти аденінового нуклеотиду в ланцюзі ДНК розміщується уридиловий у ланцюзі РНК.

Транскрипція здійснюється за участю ферменту ДНК-залежної РНК-полімерази. Така назва означає, що фермент створює полімерний ланцюжок РНК за зразком молекули ДНК (мал. 20.1).

Процес транскрипції розпочинається, коли РНК-полімераза виявляє на ланцюзі ДНК зону промотора. Вона прикріплюється до ДНК в цій зоні й починає пересуватися вздовж її ланцюга. При цьому подвійна спіраль молекули ДНК розкручується, і РНК-полімераза зчитує інформацію лише з одного ланцюга ДНК. Вона розпізнає нуклеотиди на ланцюзі ДНК і приєднує відповідні нуклеотиди до ланцюга РНК (за принципом комплементарності). Нові нуклеотиди приєднуються до «хвоста» ланцюга РНК, що

синтезується. Ділянка ДНК, з якої фермент уже зчитав інформацію, скручується знову. Процес транскрипції (синтез РНК) закінчується, коли РНК-полімераза досягає ділянки термінатора.

Дозрівання (процесинг) РНК

Дозрівання РНК є важливим етапом реалізації спадкової інформації в еукаріотів. Воно властиве для всіх типів РНК і не відбувається лише в окремих випадках.

Під час дозрівання РНК відбувається:

- сплайсинг (виділення інтронів та з'єднання екзонів у синтезованій молекулі за допомогою мРНК);
- додавання до початку молекули кількох модифікованих нуклеотидів, які допомагають транспортувати її в цитоплазму;
- додавання до кінця молекули РНК кількох молекул аденілових нуклеотидів (поліаденілювання).

Процес дозрівання уможливорює клітинам еукаріотів проводити так званий альтернативний сплайсинг, під час якого з однієї молекули РНК можуть утворюватися різні комбінації екзонів. При цьому утворюються різні білки з одного вихідного варіанта. Про масштаб цього процесу свідчить той факт, що в геномі людини трохи більше 20 000 генів, а в клітинах наявних білків нараховують понад 250 тисяч.



Ключова ідея

Основними етапами реалізації спадкової інформації в клітинах є транскрипція, дозрівання РНК і трансляція. Експресія генів — це процеси, у яких спадкова інформація використовується для синтезу різних типів РНК: інформаційних, або матричних, рибосомальних, транспортних і малих ядерних РНК. Першим етапом реалізації спадкової інформації є транскрипція — процес синтезу молекули РНК за зразком одного з ланцюгів молекули ДНК. Цей процес здійснюється ферментом РНК-полімеразою. Другим етапом є дозрівання РНК, який відбувається в ядрі клітини.



Перевірте свої знання

1. Які типи РНК найбільш поширені в клітинах?
2. Які етапи виділяють у процесі реалізації спадкової інформації?
3. Що відбувається в ході дозрівання РНК?
4. Чому в клітині існує кілька типів РНК?
- 5*. До яких наслідків для гена може призвести пошкодження його промотора або термінатора?

§ 21. Генетичний код. Трансляція



? Поміркуйте

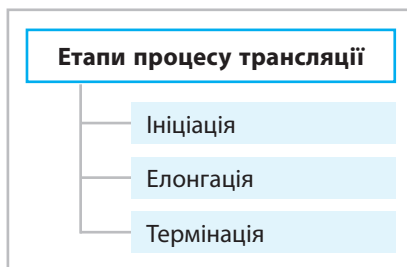
Чому амінокислоти не можуть кодуватися двома нуклеотидами?

← Згадайте

- Скільки амінокислот входить до складу білків?
- Як утворюються різні рівні організації білкової молекули?

Біосинтез білка

Як ви вже знаєте, наступним етапом реалізації спадкової інформації є трансляція. **Трансляція**, або **біосинтез білка**, — це етап, під час якого за інформацією, що міститься в іРНК, синтезується поліпептидний ланцюг молекули білка (мал. 21.1).



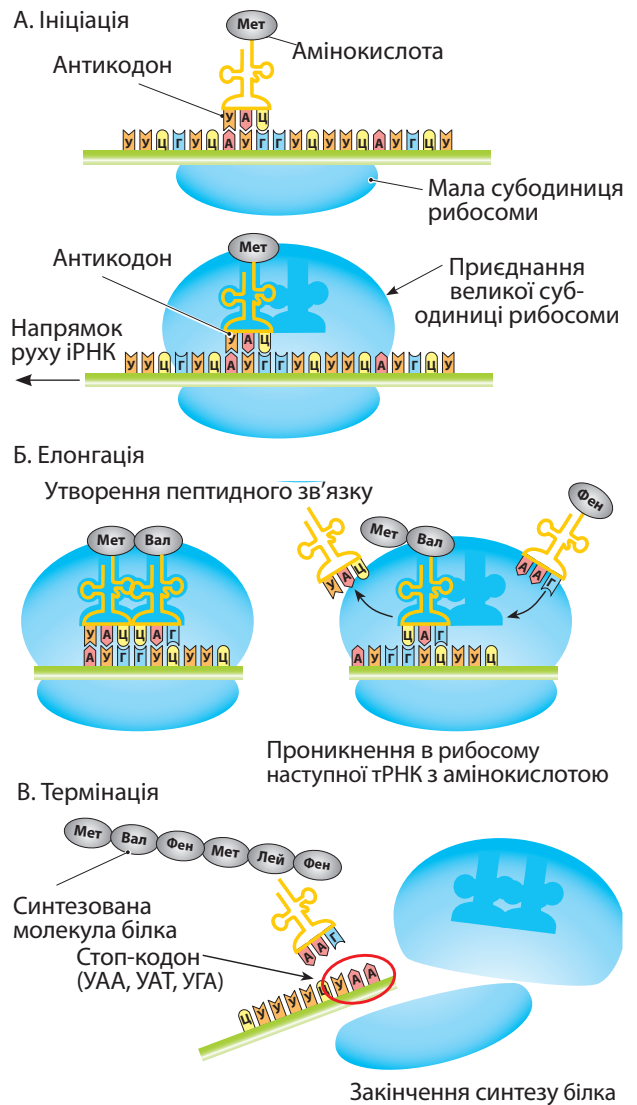
Процес трансляції відбувається на рибосомі, яка міститься в цитоплазмі клітини.

Слід зазначити, що одночасно на одній молекулі іРНК може «працювати» кілька рибосом. Кожна з них синтезує одну молекулу білка. А всі вони разом із іРНК утворюють структуру, яку називають **полірибосомою**.

Синтез відбувається згідно з генетичним кодом, тобто кожному триpletу нуклеотидів іРНК відповідає певна амінокислота. Наприклад, триpletу АУГ відповідає амінокислота метіонін (Мет), триpletу АУЦ — амінокислота ізолейцин (Іле), а нуклеотиди УАА, УАГ та УГА є стоп-кодонами. Вони свідчать про закінчення синтезу поліпептидного ланцюга.

Генетичний код

Як ви вже знаєте з попередніх параграфів, будова молекули білків визначається послідовністю нуклеотидів у ДНК.



Мал. 21.1. Процес трансляції

Тому науковці та науковиці говорять, що будова білка закодована в ДНК. Кожна амінокислота кодується за допомогою трьох нуклеотидів. Така трійка (триplet) нуклеотидів, яка відповідає певній амінокислоті, називається **кодоном**. Система запису спадкової інформації в молекулах нуклеїнових кислот, відповідно до якої певна послідовність нуклеотидів у молекулі ДНК та РНК визначає послідовність амінокислот у молекулі білка, називається **генетичним кодом**.



Перший етап трансляції — ініціація

На цьому етапі відбувається приєднання до ланцюга іРНК малої субодиниці рибосоми, розпізнавання на ньому старт-кодону, приєднання великої субодиниці рибосоми та транспорт до рибосоми першої амінокислоти, яка дає початок поліпептидному ланцюгу.

Старт-кодоном завжди є кодон АУГ. До нього приєднується молекула тРНК, що приносить до рибосоми амінокислоту метіонін, яка й буде першою амінокислотою майбутнього поліпептидного ланцюга. Молекула тРНК приєднується до молекули іРНК за допомогою свого триплету, який має назву антикодон, за принципом комплементарності.

Другий етап трансляції — елонгація

Після старт-кодона рибосома аналізує наступний кодон, розпізнає його та приєднує до нього відповідну молекулу тРНК, яка транспортує до рибосоми наступну амінокислоту. Між двома амінокислотами виникає пептидний зв'язок, і пептидний ланцюг подовжується на цю амінокислоту. Молекула тРНК при цьому звільняється та залишає рибосому.

Після цього рибосома переміщується до наступного триплету іРНК, розпізнає його та приєднує наступну молекулу тРНК, яка приносить до рибосоми відповідну амінокислоту. Вона приєднується до попередньої амінокислоти, і поліпептидний ланцюг подовжується ще на одну амінокислоту.

Процес подовження поліпептидного ланцюга молекули білка повторюється до тих пір, поки рибосома не натрапить на один зі стоп-кодонів — УАА, УАГ або УГА.

Третій етап трансляції — термінація

На цьому етапі синтез поліпептидного ланцюга білкової молекули завершується, рибосома знову розпадається на малу та велику субодиниці, молекули тРНК та іРНК звільняються.

Дозрівання білка

Після закінчення синтезу може відбуватися процес дозрівання білка. У ході цього процесу деякі ділянки білків можуть вирізатися спеціальними ферментами, білок здатен змінювати свою форму, об'єднуватися з іншими білками чи приєднувати до себе небілкову частину.

Дозрівання потрібне тому, що білок, який тільки-но синтезовано, ще не може виконувати свої функції.

Ініціація — початок синтезу поліпептидного ланцюга білкової молекули.

Елонгація — нарощування поліпептидного ланцюга білкової молекули.

 Дізнайтеся більше

Найбільша кількість генів (2058), які кодують білки, у людини розташована на хромосомі 1, а найменша (13) — у мітохондріальній ДНК. Серед хромосом найменша кількість таких генів (71) розташована на Y-хромосомі.

Термінація — завершення трансляції — починається з розпізнавання рибосомою стоп-кодону.

Наслідком дозрівання білка є втрата деяких амінокислот, розташованих на кінцях ланцюга, та остаточне формування вторинної, третинної і четвертинної структур молекули.



Ключова ідея

Під час трансляції інформація з іРНК переводиться в послідовність амінокислот синтезованого білка згідно з генетичним кодом. Відбувається цей процес у рибосомах, і складається він із трьох етапів: ініціації, елонгації і термінації. Після трансляції відбувається процес дозрівання білків.



Перевірте свої знання

1. Що таке трансляція? **2.** З яких етапів складається трансляція? **3.** Який кодон є старт-кодоном? **4.** Яку функцію виконують стоп-кодони? **5*.** Деякі антибіотики діють на трансляцію в клітинах прокаріотів, але не діють на трансляцію в клітинах еукаріотів. Чому таке можливо?

§ 22. Реплікація та репарація ДНК



? Поміркуйте

Чому для подвоєння ДНК у клітині використовується не один фермент, а цілий ферментний комплекс?

← Згадайте

- Що таке фермент?
- За рахунок чого подвійний ланцюг ДНК є стабільним і не розпадається самостійно?

Реплікація

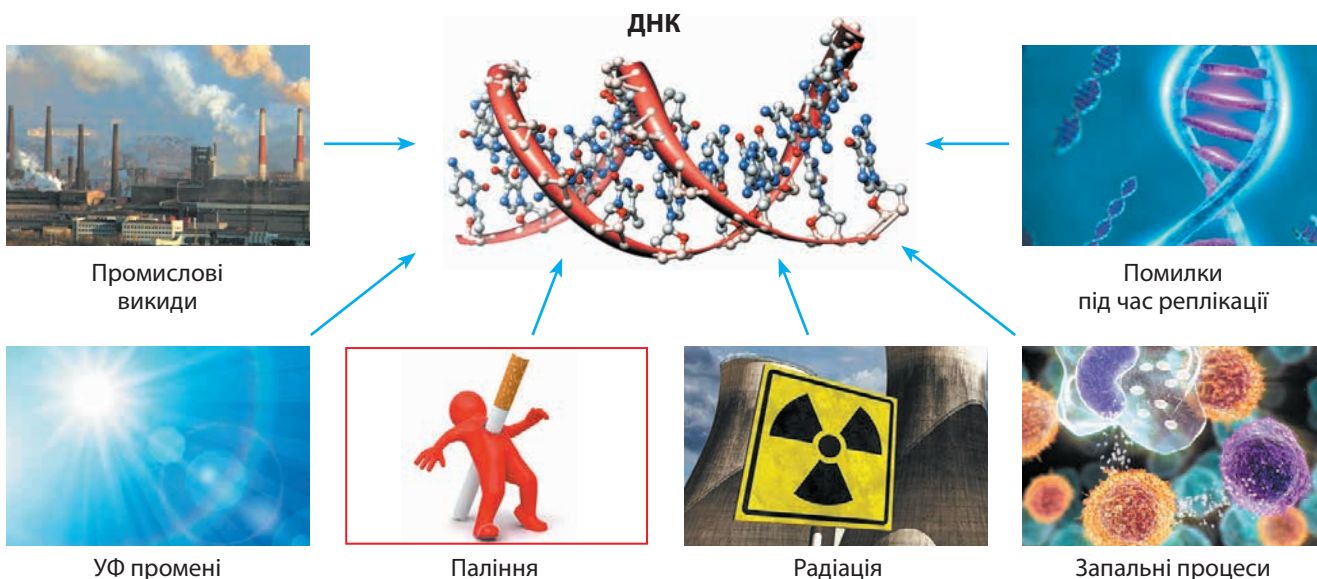
Під час розмноження клітин кожна дочірня клітина отримує від материнської однаковий набір молекул ДНК. Це можливо завдяки тому, що перед поділом клітини молекула ДНК материнської клітини подвоюється. Такий процес подвоєння ДНК називають **реплікацією**.

У ході реплікації спеціальні білки-ферменти розкручують подвійний ланцюжок ДНК на два одинарні ланцюжки. Після цього інші ферменти на кожному із ниток добудовують її дзеркальну копію за принципом комплементарності: тимідиловий нуклеотид — навпроти аденілового, а гуаніловий — навпроти цитидилового. Таким чином організм отримує дві однакові копії ДНК, які можна розподілити між дочірніми клітинами після поділу материнської клітини.

Причини й можливі наслідки пошкодження ДНК

Молекула ДНК, як і будь-яка інша молекула, може зазнати різних пошкоджень. Наприклад, може бути пошкоджено один нуклеотид або відразу пару нуклеотидів. Може статися розрив одного з ланцюгів ДНК або навіть обох ланцюгів одночасно.

Причин для таких пошкоджень досить багато (мал. 22.1). Часто ДНК пошкоджують ультрафіолетове, радіоактивне випромінювання. Суттєвою небезпекою є деякі хімічні сполуки. Крім того, причиною пошкодження може бути помилка під час реплікації, коли замість одного нуклеотиду в ланцюг випадково потрапляє інший. Хоча стається це дуже рідко.



Мал. 22.1. Поширені причини виникнення пошкоджень ДНК



Наслідки таких пошкоджень для клітин можуть бути негативними. Гени, структура яких порушується, можуть перестати виробляти свої продукти — РНК або білки. Наприклад, у результаті пошкодження один із кодонів усередині молекули РНК буде кодувати не амінокислоту, а стоп-кодон. Тоді синтезується лише половина молекули білка. Зрозуміло, що така молекула не зможе працювати й виконувати свої функції.

Процеси репарації ДНК

Процес, який дозволяє живим організмам усувати пошкодження, що виникають у ДНК, називають **репарацією**. Більшість репараційних механізмів базуються на тому, що існує дві копії генетичної інформації, по одній у кожному ланцюгу ДНК. Якщо одна з них пошкоджується, то її можна відновити за допомогою другої копії, узявши її за зразок.

Процес репарації відбувається в кілька етапів (мал. 22.2). Для його здійснення клітини використовують спеціальні ферменти.

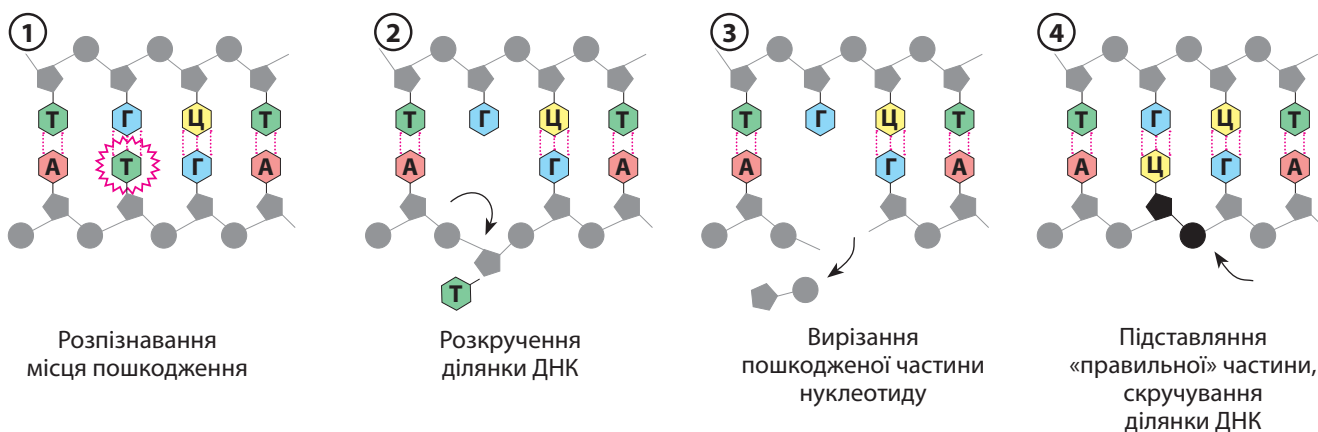
Пошкодження ДНК можуть бути різними. Для кожного з них існують свої системи репарації. Одні дефекти усуваються за допомогою лише одного ферменту, інші вимагають участі комплексу ферментів.

+ Дізнайтеся більше

Існує кілька механізмів репарації, усі з них контролюються генами. Найпростішим є світлова репарація, що відновлює ушкоджені зв'язки між нуклеотидами. Але частіше за все відбувається вирізальна репарація, що видаляє від 10 до 30 пошкоджених нуклеотидів. У випадку значного пошкодження структури ДНК рекомбінаційна репарація усуває велику ділянку, на місці якої синтезується новий фрагмент.

Ефективність діяльності генів репарації залежить від типу клітини, її віку, мутацій, хімічного середовища. Ушкодження цих генів призводить до злякисного переродження клітини або до її загибелі.

Анімація
«Репарація ДНК»



Мал. 22.2. Приклад репарації ДНК

! Ключова ідея

Для забезпечення дочірніх клітин копіями материнської ДНК використовується процес реплікації (подвоєння ДНК). Синтез потрібних клітині органічних молекул відбувається з використанням інформації, яка зберігається в ДНК клітини. Під впливом таких факторів, як ультрафіолетове чи радіаційне випромінювання, дією певних хімічних сполук або помилок під час реплікації в молекулах ДНК, можуть виникати пошкодження. Для виправлення пошкоджень ДНК у клітинах існує система репарації.

≡ Перевірте свої знання

1. Що таке реплікація? **2.** Порівняйте між собою реплікацію і транскрипцію. **3.** Які фактори можуть пошкоджувати ДНК? **4.** Які типи пошкоджень можуть виникати в ДНК? **5.** Що таке репарація ДНК? **6.** Поясніть, які процеси здійснюють різні ферменти під час репарації ДНК. **7*.** Чому заміна в молекулі білка однієї амінокислоти на іншу може призвести до суттєвого порушення роботи білка?

§ 23. Ділення клітин. Клітинний цикл. Мітоз



? Поміркуйте

Чому хроматин під час поділу ядра компактизується?

← Згадайте

- Які функції виконує ядро клітини еукаріотів?
- Які компоненти входять до складу клітинного ядра?

Хромосоми еукаріотичних клітин

ДНК у ядрах клітин еукаріотів утворює складний комплекс із білками — **хроматин**. Хроматин має вигляд нитки (подвійного ланцюга) ДНК, яка намотується навколо невеличких білкових кульок, утворених спеціальними білками — **гістонами**.

Білкові кульки з намотаною ниткою ДНК називають **нуклеосомами**. Вони можуть скручуватися у просторі, утворюючи тоненьку спіраль. А ця спіраль здатна скручуватися в спіраль більшого діаметра, а потім ще більшого й ще.

Процес скручування ДНК називають **спіралізацією**, або **конденсацією**, хроматину. Його результатом є те, що дуже довга нитка ДНК виявляється упакованою в дуже маленькому об'ємі. Але якщо надто сильно упакувати ДНК, то з неї неможливо буде зчитувати спадкову інформацію. Тому хроматин у ядрах клітин більшу частину часу не надто

спіралізований: ті його ділянки, які потрібні для роботи клітини, майже не скручені, а ті, що клітиною в певний момент не використовуються, спіралізовані сильніше.

Підготовка клітини до поділу

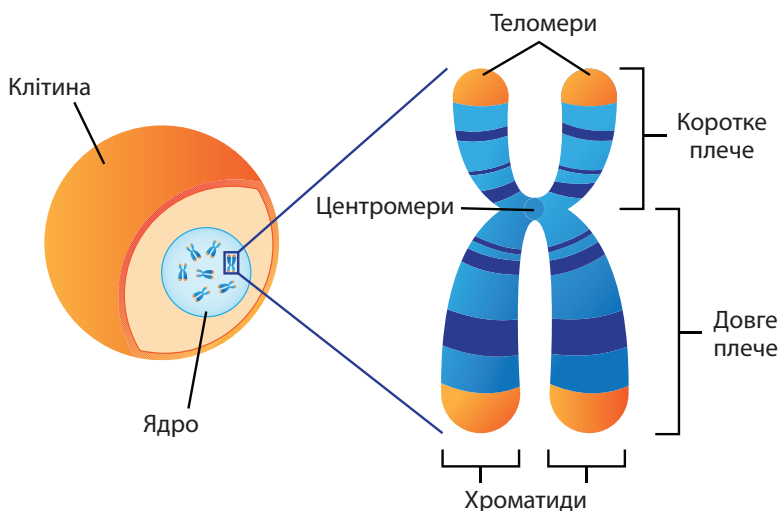
Перед поділом клітини спіралізація хроматину стає найдужчою, бо так набагато легше правильно розподілити ДНК між клітинами, які утворяться в результаті поділу. Наслідком такого ступеня спіралізації є утворення хромосом — компактних структур із ДНК і білків (мал. 23.1). Кожна окрема нитка ДНК з білками має вигляд палички (це і є хромосома).

Але перед поділом клітини відбувається надзвичайно важливий процес — подвоєння всієї ДНК клітини. Тому кожна хромосома на початку поділу клітини складається з двох однакових паличок — хроматид, з'єднаних між собою в зоні спеціалізованих ділянок ДНК — центромер. Центромера є на кожній хроматиді. По різні боки від центромери розташовані плечі хромосоми. Тому на початку поділу клітини хромосоми мають X-подібну (читається як «ікс-подібну») форму

У клітинах еукаріотів кожна хромосома присутня в ядрі у двох копіях. Організм отримує по одній копії хромосоми від кожного зі своїх батьків. Такі хромосоми називають **гомологічними**.

+ Дізнайтеся більше

Велике ядро інфузорії *Oxytricha trifallax* містить 16 000 хромосом, кожна з яких представлена чималою кількістю (до 2 000) копій. Таким чином, загальна кількість хромосом у цьому ядрі становить кілька мільйонів. Але більшість таких хромосом містять лише по одному гену.



Мал. 23.1. Будова хромосоми



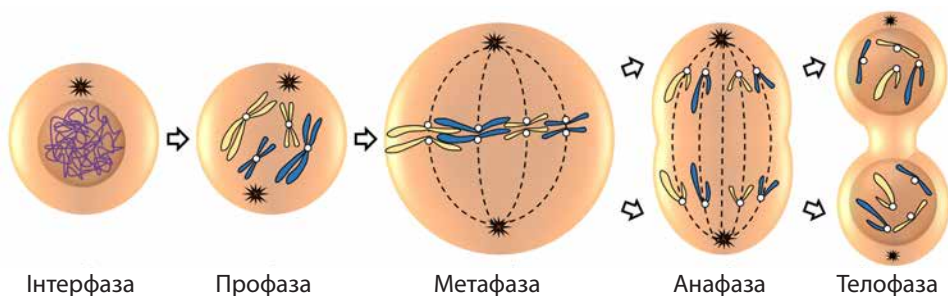
Клітинний цикл

Клітинний цикл — це період існування клітини від моменту її утворення шляхом поділу материнської клітини до власного поділу або загибелі.

Він складається з двох основних частин: процесу поділу й інтерфази. Під час інтерфази в клітинах відбувається багато процесів, зокрема процес реплікації (подвоєння) ДНК, синтез РНК, білка та інших речовин. Клітини ростуть і накопичують речовини, необхідні для наступного поділу.

Поділ клітин може відбуватися по-різному. Прокаріотичні клітини діляться переважно шляхом простого поділу. У такому разі їхня бактеріальна хромосома (нуклеоїд) подвоюється шляхом реплікації. Нова копія прикріплюється до клітинної мембрани, після чого між ними формується нова клітинна стінка.

В еукаріотів процеси під час поділу є більш складними через наявність ядра та спадкового матеріалу у вигляді хромосом. Поділ еукаріотичних клітин відбувається у формі мітотичного або мейотичного поділу.



Анімація
«Мітоз»



Мал. 23.2. Мітотичний поділ

Мітотичний поділ

Мітотичний поділ — це поділ клітин, який відбувається під час нестатевого розмноження, а також під час росту й розвитку організмів (мал. 23.2). Такий поділ забезпечує збільшення кількості клітин, а також заміщення соматичних клітин. Мітотичний поділ складається з двох основних частин: **мітозу** (поділу ядра) і **цитокінезу** (поділу цитоплазми). А сам мітоз поділяють на чотири фази: профазу, метафазу, анафазу й телофазу.

- У **профазі** відбувається спіралізація й утворення X-подібних хромосом, які складаються з двох хроматид, розпадання ядерних оболонок на фрагменти і зникнення ядерця. Починає утворюватися веретено поділу — структура, яка потім розподілить хромосоми між дочірніми клітинами.

- У **метафазі** відбувається розміщення хромосом по екватору клітини та прикріплення мікротрубочок веретена поділу до центромер хроматид.

- В **анафазі** хроматиди роз'єднуються і розходяться до полюсів клітини.

- У **телофазі** відбувається зникнення веретена поділу, формування нових ядерних оболонок та ядерця, деспіралізація хромосом.

В еукаріотів у результаті мітотичного поділу з однієї материнської клітини утворюються дві дочірні. При цьому дочірні клітини отримують таку саму кількість хромосом, що й мала материнська клітина.

Інтерфаза клітинного циклу зазвичай триває значно довше, ніж поділ клітини. У цій фазі відбувається синтез молекул АТФ і білків, збільшення кількості основних органел цитоплазми, подвоєння молекул ДНК тощо.



Ключова ідея

Клітинний цикл будь-якої клітини триває від початку одного поділу до початку наступного. Він складається з двох основних частин: процесу поділу й інтерфази. У більшості випадків поділ еукаріотичних клітин відбувається у формі мітотичного поділу. Клітини, які утворюються в результаті цього поділу, отримують ту саму кількість хромосом, яку мала материнська клітина.



Перевірте свої знання

1. Що таке хромосома? Які речовини входять до її складу? **2.** Що таке клітинний цикл? **3.** Які особливості клітинного циклу в прокаріотів? **4.** На які фази поділяється мітоз? **5.** Які процеси відбуваються в профазі й метафазі мітозу? **6***. Чому прокаріотичним клітинам не потрібний такий складний спосіб поділу, як мітотичний?

§ 24. Мейоз. Рекомбінація ДНК. Генетичне та епігенетичне спадкування



Поміркуйте

Яке біологічне значення має рекомбінація ДНК?



Згадайте

- Що таке хромосоми?
- Коли в ядрі клітини утворюються хромосоми?

Мейоз

Мейоз — це поділ клітин, який відбувається під час гаметогенезу. Результатом мейозу є утворення статевих клітин (гамет) (мал. 24.1).

Під час мейозу відбувається два поділи клітини, у результаті яких з однієї материнської клітини утворюються чотири дочірні. При цьому дочірні клітини отримують удвічі меншу кількість хромосом і половину генетичного матеріалу, які мала материнська клітина. Через зменшення кількості хромосом у дочірніх клітинах мейоз називають **редукційним поділом**.

Поділи мейозу позначають, як мейоз I і мейоз II. Фази обох поділів мають такі самі назви, як і фази мітозу (докладно про це див. таблицю щодо процесів, які відбуваються у фазах мейозу). Щоб розрізнити, про який поділ ідеться, до назв фаз додають відповідну цифру. Між двома поділами триває коротка інтерфаза, під час якої подвоєння ДНК не відбувається.

Рекомбінація ДНК

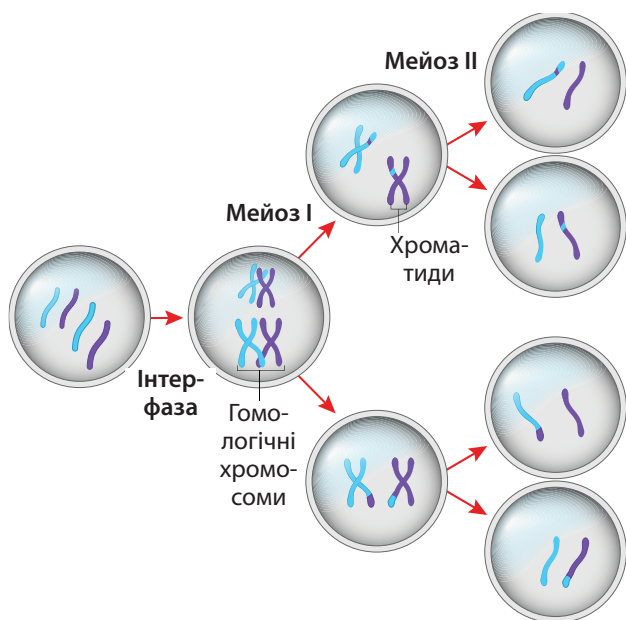
Рекомбінацією називають процес, коли ланцюжки ДНК розриваються на окремі фрагменти, які потім об'єднуються в іншому порядку.

У клітинах еукаріотів рекомбінація зазвичай відбувається під час профазі першого поділу мейозу й відома під назвою **кросинговер** — перехрещування хромосом (мал. 24.2).

У кросинговері беруть участь гомологічні хромосоми, тобто хромосоми однієї пари. Вони розрізаються спеціальними ферментами в кількох місцях, а потім обмінюються однаковими ділянками і знову зшиваються ферментами в цілу хромосому.

Процеси, які відбуваються у фазах мейозу

Мейоз I	Мейоз II
<i>Профаза I</i> Спіралізація й утворення X-подібних хромосом. З'єднання гомологічних хромосом в одну структуру, обмін у них ділянками ДНК (процес кросинговеру). Розпадання ядерних оболонок на фрагменти і зникнення ядерце	<i>Профаза II</i> Розпадання ядерних оболонок. Спіралізація хромосом. Утворення веретена поділу
<i>Метафаза I</i> Розміщення з'єднаних гомологічних хромосом по екватору клітини та прикріплення мікротрубочок веретена поділу до їхніх центромер	<i>Метафаза II</i> Розміщення хромосом по екватору клітини та прикріплення мікротрубочок веретена поділу до центромер хроматид
<i>Анафаза I</i> Розділення гомологічних хромосом та їх розходження до різних полюсів клітини	<i>Анафаза II</i> Роз'єднання хроматид, розходження їх до полюсів клітини. Із цього моменту хроматиди називають дочірніми хромосомами
<i>Телофаза I</i> Зникнення веретена поділу. Формування нових ядерних оболонок і ядерце. Деспіралізація хромосом. Розділення цитоплазми (цитокінез) та утворення двох дочірніх клітин	<i>Телофаза II</i> Зникнення веретена поділу. Формування нових ядерних оболонок. Розділення цитоплазми (цитокінез) та утворення дочірніх клітин



Мал. 24.1. Мейотичний поділ

Під час кросинговеру відбувається рекомбінація генів обох батьків особини, які розташовані в гомологічних хромосомах.

Інколи кросинговер може відбуватися не під час мейозу, а під час мітозу. Це явище називають **мітотичним кросинговером**. Воно було виявлено в деяких грибів, ссавців і комах.

Генетичне та епігенетичне успадкування

Пряма передача спадкової інформації через послідовність нуклеотидів ДНК від батьків до нащадків є прикладом **генетичного успадкування**. Але є й інший шлях передачі нащадкам спадкових ознак, який задіює механізми регуляції експресії генів — **епігенетичне успадкування**.

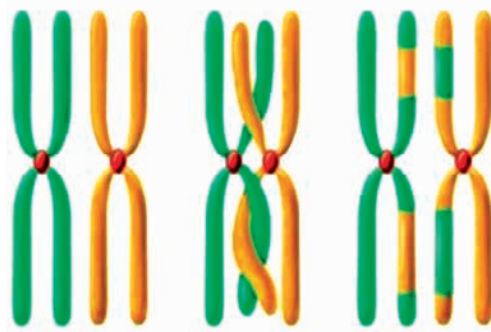
Наприклад, у геномі людини більше 20 000 генів. Але для життєдіяльності і виконання своїх функцій кожній окремій клітині потрібно набагато менше генів. Так, нервовій клітині зорового нерва не треба виробляти

ферменти слини або статеві гормони. Тому більша частина генів у клітинах є «вимкненою», неактивною.

У клітинах регуляція реалізації генетичної інформації може відбуватися за допомогою кількох механізмів, які дозволяють змінювати швидкість роботи генів або «вмикати» чи «вимикати» їх. Це можливо, наприклад, шляхом взаємодії продуктів регуляторних генів (зазвичай білків) із певними структурами генів: оператором, промотором або регуляторними ділянками. Також може відбутися модифікація деяких нуклеотидів у ланцюжках ДНК. Якщо до них приєднується метильний радикал ($-\text{CH}_3$), то зчитування інформації з ділянки ДНК за таким нуклеотидом стає неможливим.

Саме наявність у спеціалізованих клітинах ссавців механізмів, які блокують експресію багатьох генів, відрізняє їх від ембріональних клітин, які не мають подібних блоків. Інколи такі блоки можуть виникати в геномі статевих клітин. Це стає причиною зникнення певних ознак у нащадків (відповідні гени вони мають, але ці гени не працюють).

У деяких випадках у наступних поколіннях нащадків робота заблокованих генів може відновлюватися. Тоді втрачена ознака з'являється знову.



Мал. 24.2. Кросинговер

Перевірте свої знання

1. Що таке мейоз? 2. Чому редукційним вважають перший поділ мейозу? 3. Поясніть, яким чином кількість ДНК у клітині під час мейозу зменшується вдвічі. 4. Що таке епігенетичне успадкування? 5*. Уявіть, що мейоз відбувається без кросинговеру. Як це вплине на різноманітність особин одного виду, які мешкають на певній території?



Ключова ідея

Мейоз — це поділ клітин, у результаті якого утворюються статеві клітини (гамети), які містять удвічі менше хромосом, ніж звичайні клітини. Під час мейозу в клітинах еукаріотів відбувається рекомбінація ДНК (кросинговер).



§ 25. Розмноження живих організмів

? Поміркуйте

Які переваги має нестатеве розмноження?

← Згадайте

- Які способи розмноження є в живих організмів?
- Яка система організму тварин забезпечує процес розмноження?

Існує кілька способів нестатевого розмноження.

Прямий поділ тіла на одну або кілька частин характерний для бактерій. Одноклітинні еукаріоти діляться на дві частини шляхом мітозу.

Фрагментація відбувається у примітивних багатоклітинних організмів: деяких губок, морських зірок, плоских червів, водоростей (наприклад, спірогіри).

Брунькування трапляється у вищих рослин (наприклад, печінковий мох) та тварин, що ведуть прикріплений спосіб життя (губки, корали).

Вегетативне розмноження відбувається в рослин за допомогою кореневих, бульб, цибулин, вусів, а у тварин воно характерне для багатощетинкових червів.

Спорами розмножуються деякі водорості, гриби і вищі спорові рослини.

Розмноження живих організмів і його мета

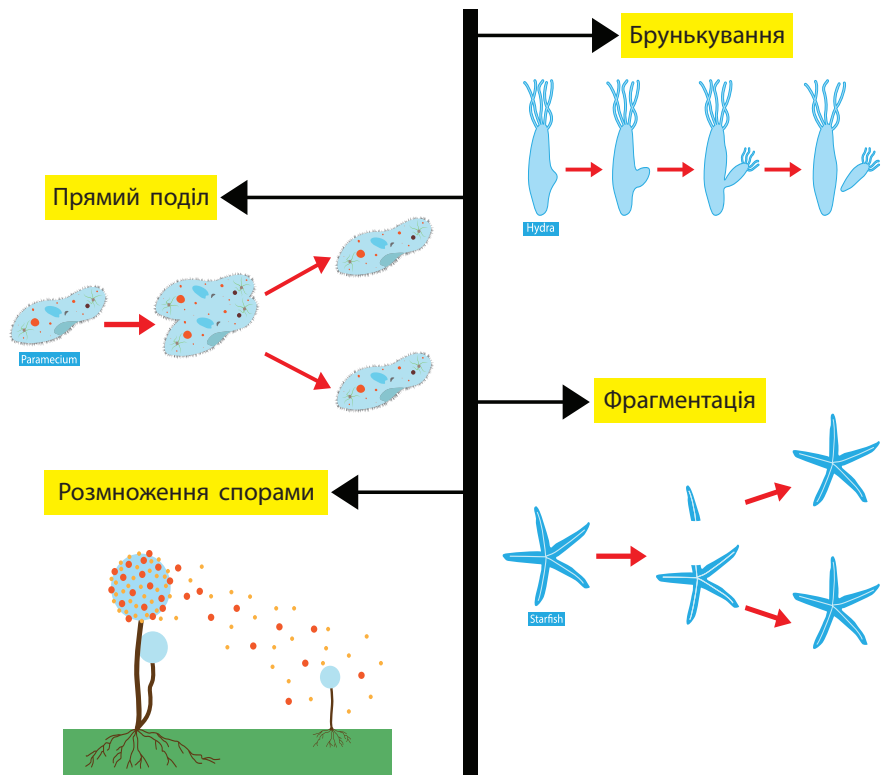
Самовідтворення є однією з ключових властивостей живих істот. Здатність організмів до утворення собі подібних забезпечує безперервність і наступність життя на планеті. Процес утворення нащадків живими організмами називають **розмноженням**.

Розрізняють дві основні форми розмноження: статеве і нестатеве. Під час статевого розмноження утворюються статеві клітини, а нестатеве розмноження відбувається шляхом поділу материнського тіла на кілька частин, окремими частинами організму та за допомогою спор або гемул.

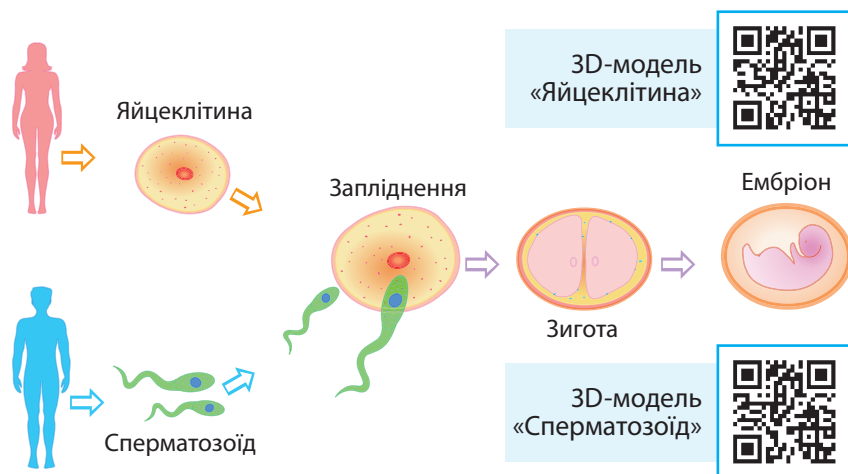
Нестатеве розмноження

Нестатеве розмноження — утворення нового організму з однієї або групи клітин материнського організму, у ході якого беруть участь статеві клітини. Нестатеве розмноження не передбачає контакту між особинами одного виду, тобто обмін генетичною інформацією не відбувається (мал. 25.1).

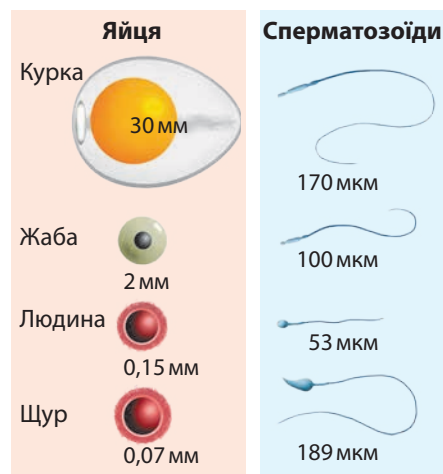
Перевагою нестатевого розмноження є висока швидкість. Але здатність дочірніх організмів пристосовуватися до несприятливих умов середовища досить низька.



Мал. 25.1. Нестатеве розмноження живих організмів



Мал. 25.2. Статеве розмноження в людини



Мал. 25.3. Чоловічі й жіночі статеві клітини в різних представників хребетних

Статеве розмноження

Статеве розмноження — тип розмноження, за якого утворюються спеціалізовані статеві клітини і відбувається статевий процес.

Статеве розмноження (мал. 25.2) спостерігається у представників більшості систематичних груп рослинного і тваринного світу. За статевого розмноження утворення нового організму зазвичай відбувається за участю двох батьківських організмів, але у випадку гермафродитизму статевим шляхом може розмножуватися й одна особина.

Під час статевого розмноження відбувається злиття статевих клітин — гамет. Таким чином, новий організм отримує спадкову інформацію від обох батьків або перекомбіновану інформацію лише одного батьківського організму (мал. 25.3).

Біологічне значення різних способів розмноження живих організмів

Будь-яке розмноження є засобом передачі спадкової інформації наступним поколінням. Воно дозволяє зберігати генетичну інформацію виду тривалий час (для деяких видів — навіть десятки мільйонів років). Окрім того, розмноження є засобом збільшення кількості особин виду, що дозволяє йому зберігати стабільну зону існування, а за можливості й розширювати свій ареал.

Часто процес репродукції може бути способом реагування організму на зміну умов

середовища. Так, дерева, які були уражені захворюваннями і перебувають на межі загибелі, починають інтенсивно формувати плоди, направляючи всі залишки ресурсів на розмноження. А от у ситуації, коли організм має значні шанси на виживання (наприклад, в умовах посухи для тих самих дерев), він, навпаки, може гальмувати репродукцію (дерева скидають квітки і плоди, на які їм не вистачає вологи).

Відмінні риси різних форм розмноження пов'язані з особливостями процесів розмноження. Якщо статеве розмноження забезпечує високий рівень мінливості нащадків (за рахунок комбінативної мінливості), то нестатеве розмноження вимагає набагато менших витрат ресурсів організму.



Ключова ідея

Здатність до розмноження — це одна з головних властивостей живих організмів. Існує дві форми розмноження: статеве й нестатеве. Статеве розмноження забезпечує високий рівень мінливості нащадків. Для нестатевого розмноження характерна висока швидкість, але набагато нижча енергозатратність порівняно зі статеву формою.



Перевірте свої знання

1. Що таке розмноження? Яка його мета? **2.** Які існують форми розмноження? **3.** Які особливості притаманні нестатевому розмноженню? **4*.** Зробіть порівняльний аналіз різних форм розмноження організмів. Оформіть його в таблицю.

§ 26. Статеві клітини та запліднення



? Поміркуйте

Які переваги має статеве розмноження?

← Згадайте

- Які існують способи розмноження в рослин?
- Чим статеве розмноження відрізняється від нестатевого?

Статеві клітини

Статеве розмноження — це тип розмноження, за якого утворюються статеві клітини (гамети) і відбувається процес запліднення. Статеві клітини утворюються в результаті гаметогенезу. Вони містять лише по одній хромосомі з кожної пари гомологічних хромосом. Статеві клітини в різних групах живих організмів можуть мати різні розміри, форму й рухливість (див., наприклад, таблицю про особливості статевих клітин ссавців).

Запліднення

Заплідненням називають процес з'єднання (злиття) зрілої чоловічої й жіночої статевих клітин, у результаті якого утворюється одна клітина (зигота), що є початком нового організму (мал. 26.1). Залежно від особливостей розмноження певних організмів, запліднення може відбуватися по-різному. Розрізняють зовнішнє і внутрішнє запліднення.

Зовнішнє запліднення поширене серед водяних організмів. У цьому випадку гамети обох батьків виділяються у воду і вже там зустрічаються. Перевагою зовнішнього запліднення є те, що воно не вимагає наявності спеціальних пристосувань для запліднення (мал. 26.2).

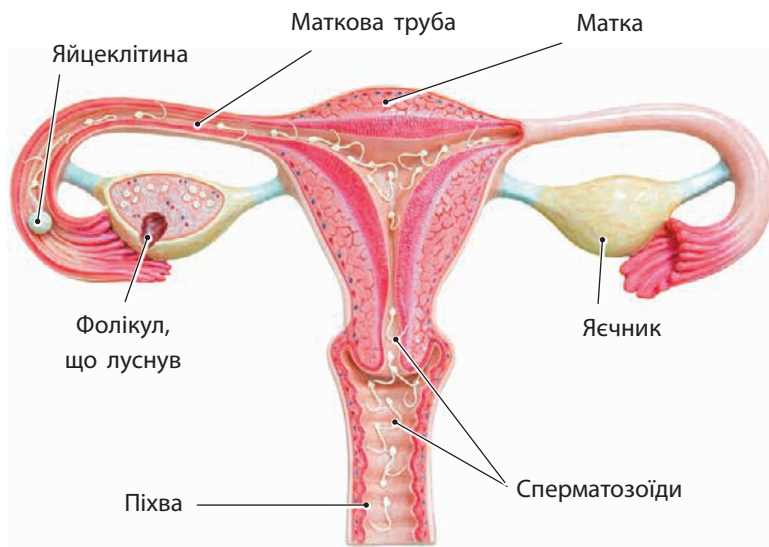
Під час **внутрішнього запліднення** зустріч гамет проходить усередині тіла жіночої особини. Завдяки тому, що таке запліднення відбувається в сприятливих умовах, ризик загибелі статевих клітин знижується. Крім того, стає можливим розвиток нащадків усередині організму матері. Це підвищує їхні шанси на виживання.

Подвійне запліднення у квіткових рослин

Квіткові рослини є насінними рослинами. У них утворюються квітки, і має місце подвійне запліднення (мал. 26.3).

Особливості статевих клітин ссавців

Характеристика	Сперматозоїд	Яйцеклітина
Розмір	Малий	Велика
Рухливість	Рухливий	Нерухома
Особливості будови	Має головку, шийку і хвіст. Головка майже повністю складається з ядра, укритого тонким шаром цитоплазми. Спереду на головці є акросома — капсула, яка містить ферменти, що сприяє проникненню сперматозоїда в яйцеклітину. Клітинні органели відсутні	Має спеціальні оболонки, що покривають плазматичну мембрану, а також цитоплазму і ядро. Містить запасні поживні речовини у вигляді жовтка, необхідні для розвитку нового організму
Функції	Доставляє генетичний матеріал самців до яйцеклітин самоць	Забезпечує початкові етапи розвитку нового організму поживними речовинами



Мал. 26.1. Процес запліднення в людини — злиття яйцеклітини й сперматозоїда



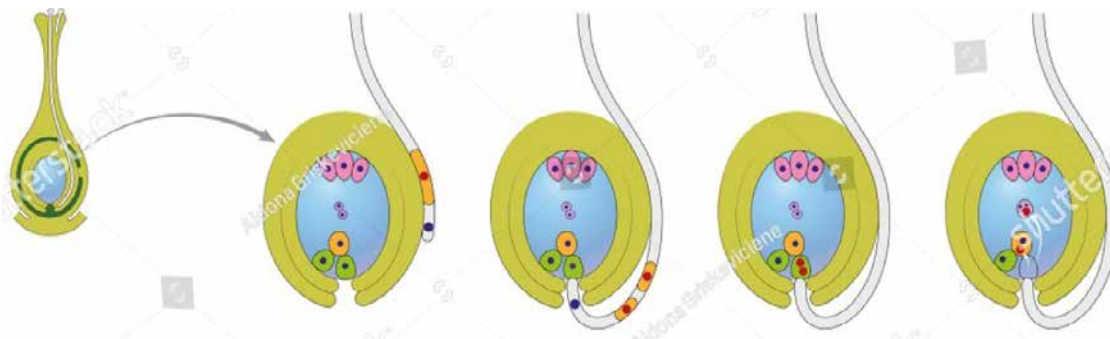
Мал. 26.2. У різних тварин запліднення може бути як зовнішнім (у жаби), так і внутрішнім (у корови)

Спочатку пилок теж повинен потрапити на іншу рослину (у перехреснозапильних видів), а саме на спеціальну структуру — приймочку маточки. І на ній проростає, утворюючи пилкову трубку.

По цій трубці два спермії транспортуються до зародкового мішка, у якому один із сперміїв зливається з яйцеклітиною, утво-

рюючи зиготу. У заплідненні бере участь і другий спермій. Він зливається із центральною клітиною насінного зачатка, яка утворюється шляхом злиття двох гаплоїдних клітин.

Таким чином, після злиття зі спермієм центральна клітина стає триплоїдною. З неї потім розвивається ендосперм.



Мал. 26.3. Подвійне запліднення у квіткових рослин



Ключова ідея

Статеві клітини утворюються в результаті гаметогенезу. Вони містять лише по одній хромосомі з кожної пари гомологічних хромосом. Статеві клітини в різних групах живих організмів можуть мати різні розміри, форму й рухливість.

Заплідненням називають процес з'єднання (злиття) зрілої чоловічої й жіночої статевих клітин, у результаті якого утворюється одна клітина (зигота), що є початком нового організму.



Перевірте свої знання

1. Які клітини називають гаметами?
2. У результаті якого процесу утворюються гамети?
3. Які характерні риси притаманні сперматозоїдам ссавців?
4. Які характерні риси притаманні яйцеклітинам ссавців?
5. Які переваги та недоліки має зовнішнє запліднення?
- 6*. Які переваги мають чоловічі й жіночі гамети різних розмірів перед гаметами однакового розміру?

§ 27. Закономірності індивідуального розвитку. Життєві цикли



? Поміркуйте

Які переваги може давати організмам складний розвиток із кількома стадіями?

← Згадайте

- Як відбувається розвиток у квіткових рослин?
- Як відбувається розвиток у комах?

Періоди онтогенезу рослин

Як вам відомо, онтогенез — це індивідуальний розвиток організму від моменту його зародження статевим або нестатевим способом до смерті. Онтогенез поділяється на кілька періодів. Хоча загальна послідовність подій в онтогенезі живих організмів є схожою, ці періоди все-таки різні для різних систематичних груп. Так, дуже різноманітними є варіанти онтогенезу у водоростей. У них часто трапляються складні життєві цикли. У наземних рослин різноманітність варіантів онтогенезу не така велика. Найбільшою наземною групою рослин є квіткові. У них виділяють чотири основні періоди онтогенезу: латентний, прегенеративний, генеративний і постгенеративний (див. таблицю про це).

Періоди онтогенезу покритонасінних рослин

Період онтогенезу	Коли починається	Що відбувається
Латентний	З моменту відділення насінини від материнської особини	Насінина перебуває в стані спокою з мінімальною інтенсивністю процесів життєдіяльності
Прегенеративний	З моменту проростання зародка	Ріст рослини й накопичення нею поживних речовин
Генеративний	З моменту початку формування генеративних органів	Генеративні органи функціонують. Рослини квітнуть і плодоносять
Постгенеративний	З моменту закінчення функціонування генеративних органів до загибелі рослини	Процеси відмирання починають переважати над процесами новоутворення

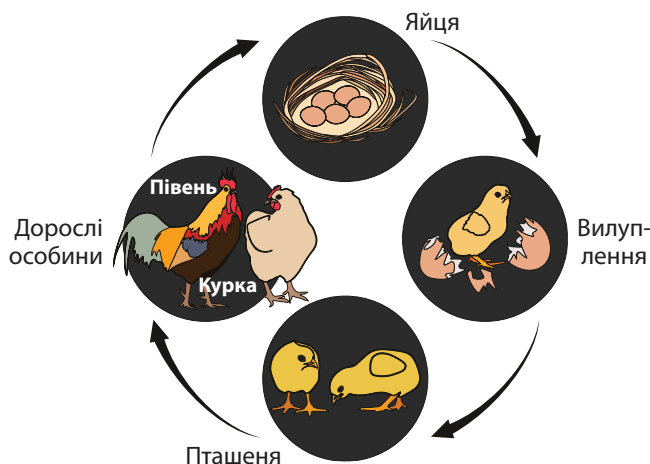
Періоди онтогенезу тварин

Онтогенез тварин зазвичай поділяють на два головні періоди: ембріональний і постембріональний. **Ембріональний період (ембріогенез)** триває від моменту запліднення до народження (виходу з яйцевих оболонок). Постембріональний — від моменту народження до смерті тварини (докладніше про це в таблиці нижче).

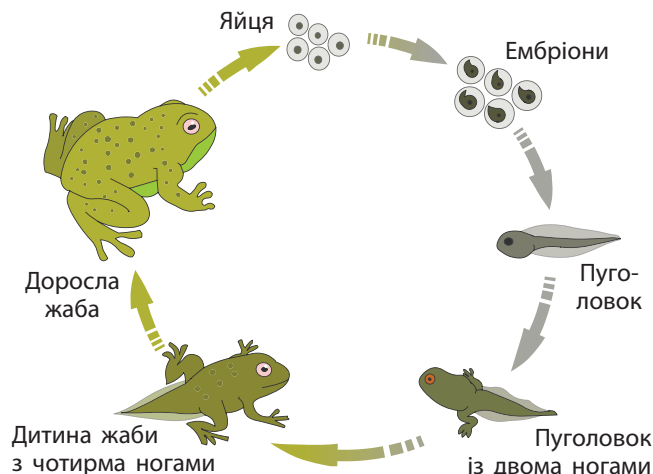
Постембріональний розвиток тварин може бути прямим або супроводжуватися перетворенням — **метаморфозом**.

Етапи постембріонального розвитку ссавців

Етап	Коли починається	Що відбувається
Ювенільний	З моменту народження	Ріст і розвиток організму
Зрілість	З моменту настання статевої зрілості	Обмін речовин збалансований. Відбувається розмноження тварин
Старіння	З моменту, коли процеси відмирання починають переважати над процесами новоутворення, до загибелі тварини	Відбуваються зміни, які знижують його адаптаційні можливості



Мал. 27.1. Простий життєвий цикл (на прикладі курки)



Мал. 27.2. Складний життєвий цикл (на прикладі жаби)

Життєвий цикл

Життєвий цикл — це період між однаковими фазами розвитку двох або кількох послідовних поколінь. У багатоклітинних організмів індивідуальний розвиток завершується природною смертю. Безперервність життєвого циклу організмів забезпечують гамети (статеві клітини), які передають спадкову інформацію організмам дочірнього покоління.

Тривалість життєвого циклу в різних організмів може бути різною. Наприклад, у бактерій або дріжджів проміжок між двома поділами клітини часто не перевищує 30 хвилин, тоді як у багатьох вищих рослин і хребетних тварин він триває багато років. Так, сосна звичайна починає розмножуватись лише на 30–40-му році життя, риба білуга — на 12–18-му.

Тривалі життєві цикли спостерігають і в деяких безхребетних тварин. Наприклад, личинки одного з видів південноамериканських цикад розвиваються протягом 17 років. Тривалість життєвого циклу залежить від кількості поколінь, які послідовно змінюють одне одного протягом одного року, або кількості років, протягом яких розвивається одне покоління.



Ключова ідея

Онтогенез рослин поділяють на латентний, прегенеративний, генеративний і постгенеративний періоди. Онтогенез тварин зазвичай поділяють на ембріональний і постембріональний періоди. У постембріональному періоді виділяють кілька етапів: ювенільний, зрілість, старіння. Розвиток організму в цей період може відбуватися з метаморфозом або бути прямим.

Прості й складні життєві цикли

Розрізняють прості й складні життєві цикли. Простий життєвий цикл — це цикл, у якому всі покоління не відрізняються одне від одного (мал. 27.1). Прості життєві цикли характерні для гідри, річкового рака, павука-хрестовика, плазунів, птахів, ссавців.

Складні життєві цикли супроводжуються закономірним чергуванням різних поколінь або складними перетвореннями організму під час розвитку (мал. 27.2). Так, у деяких водоростей (бурих, червоних) чергується статеве покоління, переважно гаплоїдне, з нестатевим, переважно диплоїдним. Серед вищих рослин лише в мохоподібних переважає статеве покоління, тим часом як в інших (папоротеподібні, хвощеподібні, плауноподібні, голонасінні, покритонасінні) — нестатеве.

У тварин складні життєві цикли теж не є рідкісними.

Так, у життєвому циклі багатьох найпростіших (форамініфери, споровики) і кишковопорожнинних відбувається закономірне чергування поколінь, які розмножуються статевим і нестатевим способами.



Перевірте свої знання

1. Що таке онтогенез? **2.** Які етапи виділяють в онтогенезі рослин? **3.** Які етапи виділяють в онтогенезі тварин? **4*.** Життєвий цикл із метаморфозом у комах вимагає суттєвої перебудови організму в один із періодів життя. Це створює багато труднощів. Чому такий тип життєвого циклу є дуже поширеним?

Узагальнення знань за темою «Збереження та реалізація спадкової інформації»

Особливості статевих клітин ссавців

Характеристика	Сперматозоїд	Яйцеклітина
Розмір	Малий	Велика
Форма	Видовжена	Округла
Рухливість	Рухливий	Нерухома
Особливості будови	Має головку, шийку і хвіст. Головка майже повністю складається з ядра, укритого тонким шаром цитоплазми. Спереду на головці є акросома — капсула, яка містить ферменти, що сприяє проникненню сперматозоїда в яйцеклітину. Клітинні органели відсутні	Має спеціальні оболонки, що покривають плазматичну мембрану, а також цитоплазму, усі органели і ядро. Містить запасні поживні речовини у вигляді жовтка, необхідні для розвитку нового організму
Наявність запасних поживних речовин	Не мають запасу поживних речовин	Мають запас поживних речовин
Функції	Доставляє генетичний матеріал самців до яйцеклітин самиць	Забезпечує початкові етапи розвитку нового організму поживними речовинами
Де утворюються	Яєчки (сім'яники)	Яєчники

Порівняння особливостей геномів прокаріотів та еукаріотів

Ознака	Прокаріоти	Еукаріоти
Місце розташування більшості генів геному	Бактеріальна хромосома (нуклеоїд) — велика кільцева молекула ДНК	Хромосоми розташовані в ядрі клітини
Інші місця розміщення генів	Плазмідні — невеликі кільцеві молекули ДНК	Невеликі кільцеві молекули ДНК в пластидах і мітохондріях, інколи плазмідні
Наявність некодуючих ділянок усередині генів	Відсутні в більшості представників, у деяких груп наявні в незначній кількості	Присутні у вигляді інтронів
Наявність некодуючих ділянок ДНК поза генами	Присутні в невеликій кількості й мають маленький розмір	Присутні у великій кількості. Складають більшу частину геному
Наявність оперонів	Є	Відсутні

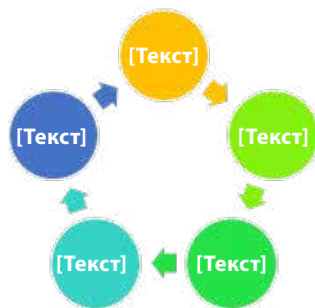
Основні етапи реалізації спадкової інформації

Етап	Де відбувається	Які процеси відбуваються	Які структури беруть участь
Транскрипція	У прокаріотів у цитоплазмі. В еукаріотів у ядрі, мітохондріях і пластидах	Синтез ланцюга іРНК за зразком одного з ланцюгів ДНК	ДНК та комплекс ферментів, головним із яких є РНК-полімераза
Дозрівання РНК (процесинг)	У ядрі клітин еукаріотів	З молекули іРНК видаляються інтрони, а екзони об'єднуються в одну молекулу іРНК	Невеликі молекули мРНК, білки-ферменти
Трансляція	У прокаріотів — у цитоплазмі. В еукаріотів у цитоплазмі, на гранулярній ендоплазматичній сітці, у мітохондріях і пластидах	Синтез молекул білка на рибосомі згідно з інформацією молекули РНК	Рибосоми, молекули тРНК та іРНК, АТФ

Компетентнісно орієнтовані завдання

1 За допомогою циклічної діаграми поясніть етапи синтезу ДНК у послідовності від першого до останнього:

- приєднання ДНК-полімерази до ланцюга ДНК;
- розплітання подвійного ланцюга ДНК;
- добудова комплементарного ланцюга ДНК;
- від'єднання ДНК-полімерази.



2 Біологічний диктант.

З'ясуйте, про який термін ідеться в наступних твердженнях.

Окрема ділянка ДНК, яка відповідає за утворення однієї або кількох ознак організму

Сукупність усієї спадкової інформації організму

Структурна частина хроматину

Взаємодія тРНК та іРНК в рибосомі

Велика молекулярна структура, де міститься близько 90 % ДНК клітини

Синтез ДНК-полімерази

Синтез РНК-полімерази

Під час визначення хімічного складу клітини бактерії виявлено ДНК. Назвіть елемент будови досліджуваної клітини, у якому міститься ця речовина

3 Творча робота.

Створіть ментальну карту (мапу думок) етапи реалізації спадкової інформації. Поясніть особливості регуляції реалізації спадкової інформації. Порівняйте свою ментальну карту з мапами однокласників й однокласниць.

4 Поміркуйте, яке твердження стосується мітозу, а яке — мейозу.

- Один поділ
- Два поділи
- Набір хромосом під час поділу диплоїдний
- На екваторі хромосоми розташовуються в один ряд
- Набір хромосом у дочірніх клітинах гаплоїдний
- Стан спадкової інформації в клітинах видозмінений
- На екваторі хромосоми розташовуються у два ряди

5 Розв'язуємо задачі.

А) Використовуючи принцип комплементарності, установіть послідовність нуклеотидів на ділянці ДНК,

яка утвориться під час реплікації ділянки ланцюга ДНК з послідовністю нуклеотидів: а) АГТ ТАЦ ГЦГ ААГ ТТТ ЦЦА, б) ЦГА ААГ ТТА ЦТЦ ЦГГ ТТА.

Б) Використовуючи принцип комплементарності, установіть послідовність нуклеотидів на ділянці іРНК, яка утвориться під час транскрипції ділянки ланцюга ДНК з послідовністю нуклеотидів: а) АГТ ТАЦ ГЦГ ААГ ТТТ ЦЦА, б) ТЦЦ ААГ ТЦГ АТА ЦГА ГТТ.

В) Визначте кількість амінокислот, що кодується послідовністю з 1056 нуклеотидів ДНК.

Г) Укажіть, скільки нуклеотидів ДНК кодують білок із 137 амінокислот.

6 Грецькою *gameta* означає «жінка», а *gametes* — «чоловік». Як це узгоджується з поняттям «гаметогенез»?

7 Запис вимови англійських слів у словнику називається транскрипцією, а в біології цей запис здійснюється іншими символами, де залишок фосфорної кислоти зв'язаний з рибозним залишком. Що це за символи? Назвіть їхні види.

8 Розгляньте біологічні меми з Інтернету. Спробуйте пояснити їхню наукову значущість.



Ти для мене як...



Тестові завдання за темою «Збереження та реалізація спадкової інформації»

Тема 5. Закономірності успадкування ознак

§ 28. Генотип та фенотип. Алелі. Методи генетичних досліджень



? Поміркуйте

Як можна дізнатися, чи працює певний ген у клітині?

← Згадайте

- Що таке ген?
- Де в еукаріотичних клітинах знаходяться гени?

Генотип і фенотип

Важливими поняттями в генетиці є поняття генотипу й фенотипу. **Генотип** — це система генів організму, які мають прояв у фенотипі. Словосполучення «система генів» використовується тому, що більшість ознак виникають у результаті взаємодії генів. Генотип є спадковою основою організму. Він контролює формування всіх його ознак, тобто його фенотипу.

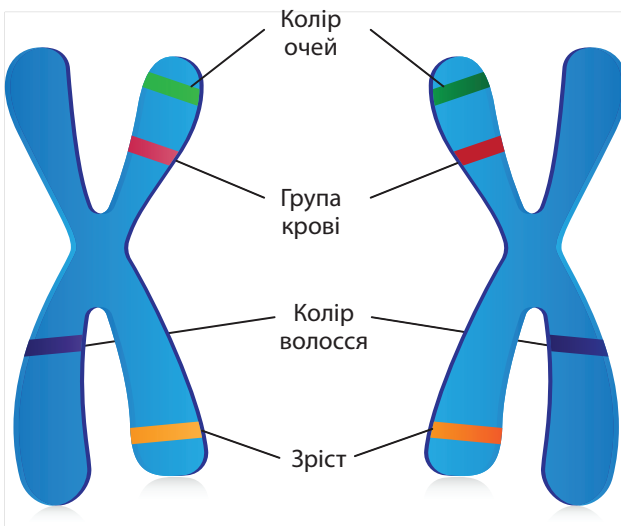
Фенотип — це система зовнішніх і внутрішніх ознак організму, що сформувалися в результаті реалізації спадкової інформації в конкретних умовах середовища. Протягом життя організму фенотип змінюється. Межі, у яких змінюються фенотипові прояви генотипу, називаються **нормою реакції**.

Алелі

Дуже важливим для розуміння основ генетики є поняття алеля. З точки зору генетики алель є одним із можливих варіантів гена. Два алелі одного гена відрізняються нуклеотидними послідовностями. Наприклад, ген, який відповідає за забарвлення насінин гороху, має два варіанти (алелі). Один із них забезпечує жовте забарвлення насінин, а інший — зелене. Існують гени, які представлені лише одним варіантом (алелем). Є також гени з двома, трьома або багатьма алелями.

Як ви знаєте, кожен ген розташований у певній ділянці однієї з хромосом (цю ділянку називають локусом цього гена). У конкретній хромосомі може розташовуватися лише один із варіантів (алелів) цього гена. Також вам відомо, що в ядрах еукаріотів містяться по дві однакові (гомологічні) хромосоми. Тому в кожній клітині є по два екземпляри кожного гена (мал. 28.1).

Якщо гомологічні хромосоми особини містять однакові алелі певного гена, її називають **гомозиготою** за цим алелем (від грец. *гомо* — однаковий), якщо різні — **гетерозиготою** (від грец. *гетеро* — різний). Наприклад, якщо обидва алелі гена забезпечують жовте забарвлення насінин гороху, то така рослина буде гомозиготною за геном забарвлення насінин. Якщо один алель забезпечує жовте забарвлення, а другий — зелене, то така рослина буде гетерозиготною за цим геном.



Мал. 28.1. Розміщення алелів одного гена на гомологічних хромосомах

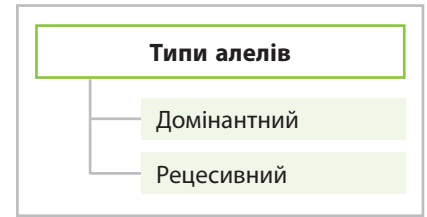


Анімація
«Генотип
і фенотип»



Алелі одного гена можуть взаємодіяти між собою. При цьому один із них не завжди проявляє свою дію у присутності іншого або проявляє неповністю.

Домінантний алель — це алель, який проявляється у фенотипі гетерозиготного організму. **Рецесивний алель** — це алель, який не проявляється у фенотипі гетерозиготного організму. Наприклад, якщо рослина є гетерозиготою за геном забарвлення квітки, тобто містить два алелі гена забарвлення квітки — бузковий і білий, і алель бузкового кольору є домінантним, то квітка буде мати бузковий колір. А якщо рослина буде гомозиготою за рецесивним алелем, то квітка буде білою.



Методи генетичних досліджень

Генетика використовує багато методів для проведення досліджень (більш докладно про це див. таблицю). Деякі з них мають давню історію, а деякі виникли нещодавно.

Методи генетичних досліджень

Метод досліджень	Особливості методу
Гібридологічний	Полягає у схрещуванні (гібридизації) організмів, які відрізняються між собою за однією чи кількома спадковими ознаками. Нащадків, які є результатом такого схрещування, називають гібридами
Генеалогічний	Полягає у вивченні родоводів організмів. Це дає змогу простежити характер успадкування різних станів певних ознак у ряді поколінь
Популяційно-статистичний	Полягає у вивченні частоти зустрічальності різних алелів у популяціях організмів. Окрім генетики популяцій, його застосовують і в медичній генетиці
Цитогенетичний	Полягає у вивченні набору хромосом (каріотипу) організмів. Дає змогу виявляти спадкові захворювання
Біохімічний	Полягає у вивченні особливостей біохімічних процесів в організмів із різними генотипами. Використовується для діагностики спадкових захворювань
Близнюковий	Полягає у вивченні близнят. Досліджуючи близнят, можна з'ясувати роль чинників довкілля у формуванні фенотипу особин: різний характер їхнього впливу зумовлює розбіжності прояву тих чи тих ознак
Методи генетичної інженерії	Технології, за допомогою яких науковці та науковиці виділяють з організмів окремі гени, перебудовують певні гени, уводять їх в інші клітини чи організми



Ключова ідея

Система генів організму, які мають прояв у фенотипі, називається генотипом, а система зовнішніх і внутрішніх ознак організму, що сформувалися в результаті реалізації спадкової інформації в конкретних умовах середовища, — фенотипом. Гени можуть проявлятися в кількох різних варіантах (алелях). Розрізняють два типи алелів: домінантний (проявляється в гетерозиготному стані) і рецесивний (не проявляється в гетерозиготному стані). У генетичних дослідженнях використовують такі методи: гібридологічний, генеалогічний, цитогенетичний, біохімічний та інші.



Перевірте свої знання

1. Що таке генотип і фенотип? **2.** Що таке алель? **3.** Які існують типи алелів? **4.** На конкретному прикладі поясніть, як фенотип організму може змінюватися у процесі його розвитку. **5.** Чим відрізняються між собою поняття «геном» і «генотип»?

§ 29. Закони Менделя



? Поміркуйте

Що може впливати на формування фенотипу?

← Згадайте

- Що таке генотип?
- Що таке гомологічні хромосоми?

Схрещування організмів

Для проведення дослідів із генетики й селекції науковці й науковиці здійснюють схрещування організмів і досліджують батьківські організми й організми першого, другого та наступних поколінь. Залежно від кількості генів, які аналізуються, розрізняють **моногібридне** (один ген), **дигібридне** (два гени) і **полігібридне** (багато генів) схрещування. Результати дослідів записують у вигляді схем схрещування. Для цього використовують спеціальні символи.

Нащадки, які утворюються в результаті схрещування, можуть відрізнятися між собою як за фенотипом, так і за генотипом.

У такому випадку кажуть, що відбулося розщеплення ознаки в нащадків за генотипом і фенотипом.

Домінування алелів

Як ви вже знаєте, домінантний алель — це алель, який проявляється у фенотипі гетерозиготного організму. Але ступінь домінування може бути різним (див. таблицю про види домінування).

Дослідження Г. Менделя

Грегор Мендель був чеським священиком, але захоплювався ботанікою. Вивчаючи наслідування різних ознак гороху, він створив основи сучасного гібридологічного методу, який використовують у сфері генетики.

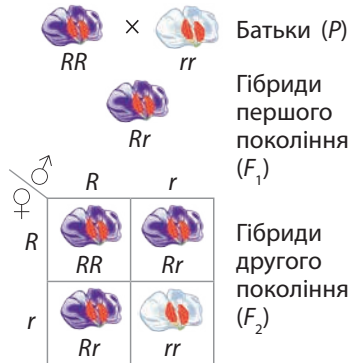
У своїх дослідях Г. Мендель упевнився, що кожен із батьків обов'язково передає один із алелів кожного свого гена нащадкам. Він порахував кількість різних варіантів ознак у нащадків, таких як колір і форма насінин, колір квіток, висота рослин тощо, зміг установити закономірності успадкування ознак і сформулював свої закони.

Види домінування

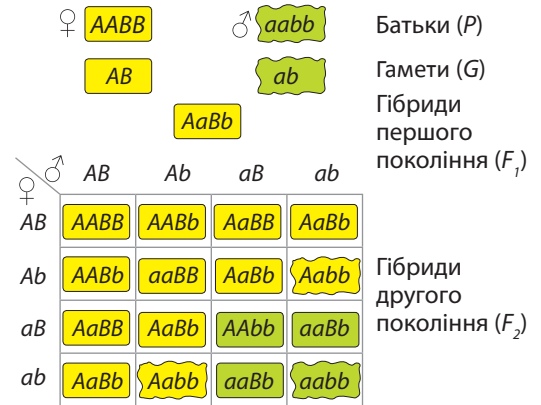
Назва та особливості виду домінування	Схема взаємодії алелів
Повне домінування У гетерозиготи проявляється тільки дія домінантного алеля, й ознака виглядає так, як і в домінантній гомозиготі	AA червоний + aa білий = Aa червоний
Неповне домінування Гетерозигота має проміжний прояв ознаки порівняно з проявом цієї ознаки в домінантній і рецесивній гомозиготі	AA червоний + aa білий = Aa рожевий
Кодомінування Обидва варіанти ознаки проявляються одночасно. Наприклад, гетерозигота за групою крові містить на мембранах еритроцитів і антиген А, і антиген В, які є наслідком роботи відповідних алелів, одночасно (алелі А і В є кододомінантними). Алель 0 цього гена є рецесивним по відношенню до інших алелів і антиген не утворює. Гетерозиготи, які містять цей алель, мають на мембранах або антиген А, або антиген В	антиген А антиген В антигени А і В антигени відсутні група крові А A0 група крові В B0 група крові АВ AB група крові 0 00



Мал. 29.1. Прояв закону однотипності гібридів першого покоління під час схрещування собак



Мал. 29.2. Закон розщеплення спадкових ознак



Мал. 29.3. Прояв закону розщеплення спадкових ознак під час схрещування гороху з насінням різного кольору й форми

Закон однотипності гібридів першого покоління

Нащадки першого покоління від схрещування стійких форм (організмів, у яких певна ознака проявлялася незмінно протягом багатьох поколінь), які відрізняються за однією ознакою, мають однаковий генотип і фенотип за цією ознакою (мал. 29.1).

Закон розщеплення спадкових ознак у нащадків гібрида

Під час схрещування гібридів першого покоління між собою серед гібридів другого покоління в певних співвідношеннях з'являться особини з фенотипами вихідних батьківських форм і гібридів першого покоління (мал. 29.2).

У цьому випадку ми спостерігаємо у другому поколінні розщеплення за генотипом 1 (RR) : 2 (Rr) : 1 (rr), а за фенотипом — 3 (фіолетові) : 1 (білі).

Закон незалежного комбінування спадкових ознак

Гени, які визначають різні ознаки й перебувають у різних групах хромосом, спадкуються незалежно один від одного, унаслідок чого серед нащадків другого покоління після схрещування гомозигот у певних співвідношеннях з'являються особини з новими (відносно батьківських) комбінаціями ознак (мал. 29.3).

У цьому випадку ми спостерігаємо у другому поколінні розщеплення за генотипом: 1 ($AABB$) : 4 ($AaBb$) : 2 ($AABb$) : 2 ($AaBB$) : 1 ($aaBB$) : 2 ($aaBb$) : 1 ($AAbb$) : 2 ($Aabb$) : 1 ($aabb$),

а за фенотипом: 9 (жовті, гладенькі) : 3 (зелені гладенькі) : 3 (жовті зморшкуваті) : 1 (зелені зморшкуваті).

Генотипи $AABB$, $AaBb$, $AABb$ і $AaBB$ мають однаковий фенотип, тому що в них міститься хоча б по одному домінантному алелю обох генів. Який алель буде міститися в іншій хромосомі, у цьому випадку немає значення. У такому випадку запис розщеплення за генотипом буде мати вигляд:

9 ($A-B-$) : 3 ($aaB-$) : 3 ($A-bb$) : 1 ($aabb$).



Ключова ідея

Закони успадкування ознак названо на честь Г. Менделя, який сформулював їх усередині XIX ст. До них належать закон однотипності гібридів першого покоління, закон розщеплення спадкових ознак у нащадків гібридів й закон незалежного комбінування спадкових ознак. Для позначення генів та їх алелів у схемах схрещувань використовують літери латинського алфавіту. Великими літерами позначають домінантні алелі, а малими — рецесивні (докладніше про це в мінідовіднику на с. 76).



Перевірте свої знання

1. Які позначення використовують під час запису схем схрещувань? **2.** Назвіть закони Г. Менделя та складіть схеми схрещування, які їх ілюструють. **3.** Розв'яжіть генетичну задачу. У томатів ген R визначає забарвлення плодів. Домінантний алель R забезпечує червоне забарвлення, а рецесивний алель r — жовте. Які ознаки будуть мати гібриди першого й другого поколінь від схрещування домінантної й рецесивної гомозиготних особин?

Складання схем схрещування

Основні позначення

Батьківський організм	P
Гібриди першого покоління	F_1
Гібриди другого покоління	F_2
Гамети	G
Знак схрещування	$\times$
Материнська особина	♀
Батьківська особина	♂
Алель певного гена — латинські букви	A, B, a, b
Алелі одного гена — однакові букви	Aa, AA, Bb
Домінантні алелі — великі букви	A, B, R
Рецесивні алелі — маленькі букви	a, b, r
Генотипова формула особини	$Ab, aa, AaBb, AArr$
Будь-який алель (домінантний чи рецесивний, якщо це не має значення) у генотиповій формулі	— (наприклад, $A-B-$)

Якщо генів кілька, то вони в запису розташовуються в алфавітному порядку. Домінантний алель завжди пишуть перед рецесивним алелем того ж гена.

Приклад запису схеми схрещування

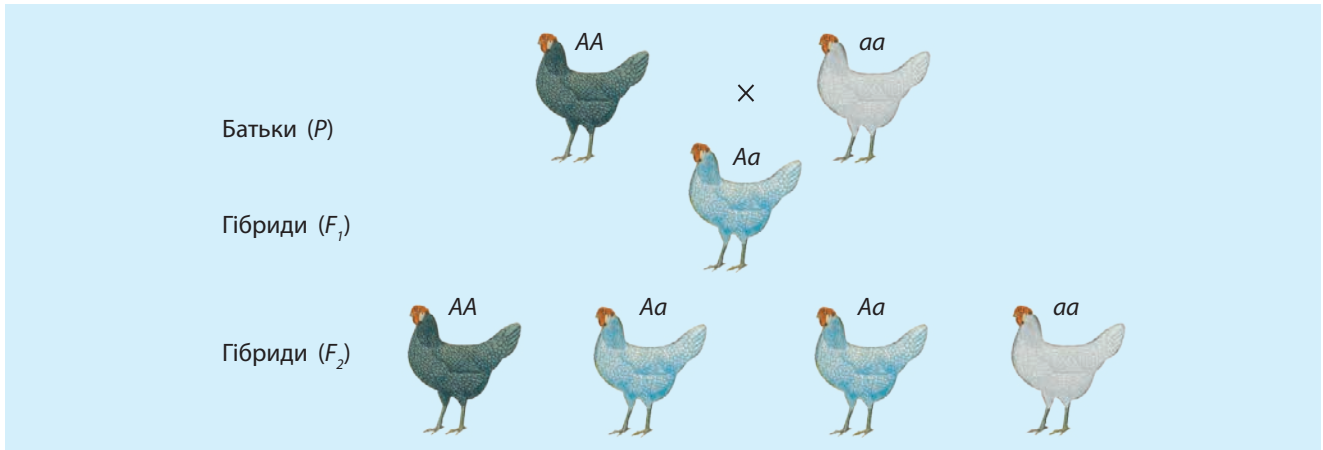
Батьки (P) $AAbb \times aaBB$ — генотипові формули батьків

Гамети (G) $Ab \quad aB$ — типи їхніх гамет

Гібриди (F_1) $AaBb$ — генотипи першого покоління

Розщеплення за генотипом

Генотип AA — чорне, Aa — сіре, aa — біле забарвлення



Запис розщеплення за генотипом:

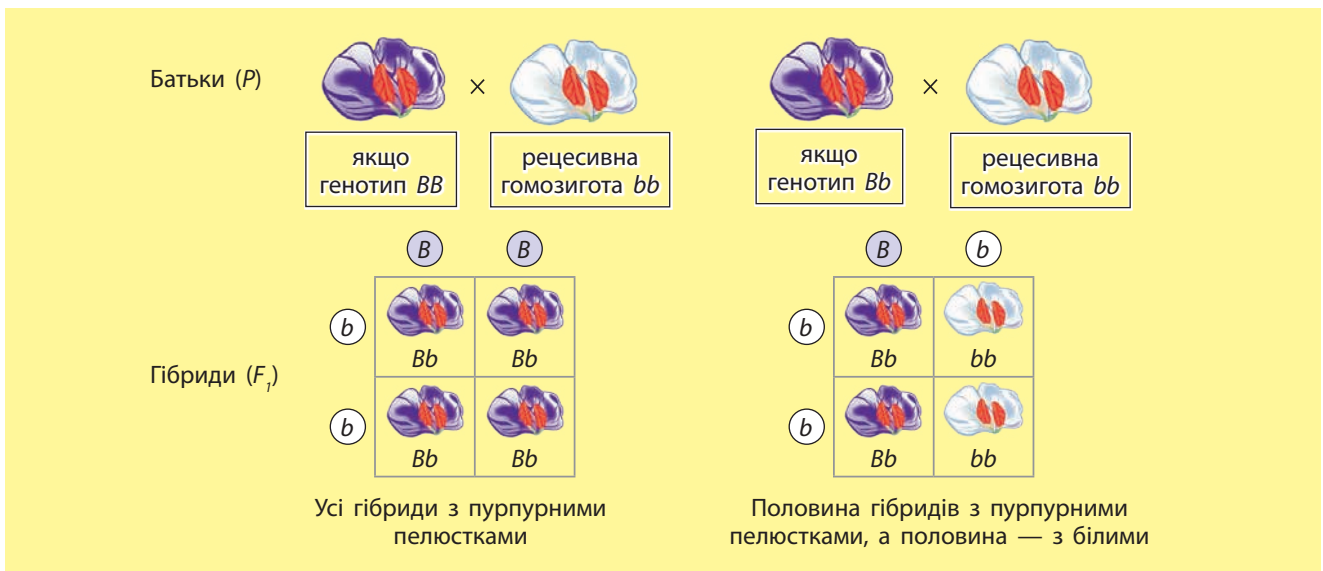
$1 (AA) : 2 (Aa) : 1 (aa)$.

Цей запис означає, що всіх нащадків можна поділити на 4 частини. З них одна частина буде мати генотип AA , дві — генотип Aa і ще одна — генотип aa .

Аналізуюче схрещування

Аналізуюче схрещування — це схрещування особини з невідомим генотипом з особоною, гомозиготною за рецесивними алелями всіх досліджуваних генів.

Пурпурні пелюстки — ознака, яка визначається домінантним алелем P . Білі пелюстки — ознака, яка визначається рецесивним алелем p .





§ 30. Ознака як результат взаємодії генів

? Поміркуйте

Як пов'язані між собою генотип і фенотип особини?

← Згадайте

- Що таке алель?
- Які бувають алелі?

Утворення ознак

Аби в організмі з'явилася певна ознака, найчастіше повинно відбутися кілька різних процесів. Наприклад, у мухи дрозофіли (класичного об'єкта досліджень у сфері генетики) забарвлення очей обумовлене наявністю в них двох пігментів: яскраво-червоного й коричневого. Для вироблення кожного з них має відбутися низка біохімічних реакцій. Кожну із цих реакцій каталізує окремий фермент, який кодується окремим геном. І порушення будь-якого з них позначається на забарвленні очей дрозофіли.

Взаємодія генів

Ознаки, які визначаються одним геном, називають **моногенними**. Але навіть вони можуть утворюватися внаслідок взаємодії генів.

Ви вже ознайомилися із цим явищем, коли розглядали поняття неповного домінування алелів.

Відомо багато випадків, коли ознака чи властивість організму визначаються двома або більше різними генами, які взаємодіють між собою.

Однак слід пам'ятати, що взаємодіють не самі гени, а молекули білків або РНК, утворення яких вони забезпечують. Під час взаємодії неалельних генів відбувається відхилення від менделівських закономірностей розщеплення за фенотипом у нащадків.

Розрізняють такі основні типи взаємодії генів: **комплементарність, епістаз і полімерія**.

Крім того, окремо розглядають модифікуючу дію гена (**плейотропію**), яка проявляється у визначенні одним геном різних ознак.

Комплементарність

Під час **комплементарної взаємодії** генів розвиток ознаки відбувається лише у випадку, коли кожний із неалельних генів має хоча б по одному домінантному алелю. Наприклад, у визначенні форми плода в гарбуза беруть участь два гени: А і В (мал. 30.1). Якщо певна рослина має в кожному із цих генів хоча б один домінантний алель, то форма її плодів буде дископодібною. А утвориться така форма внаслідок взаємодії домінантних алелів двох генів. Тобто дископодібні плоди мають будь-які особини з генотипом А-В-.

Якщо один із генів буде представлений рецесивною гомозиготою, а другий матиме хоча б один домінантний алель (особини з генотипами aaВ- і А-bb), то комплементарна взаємодія не відбудеться і плоди матимуть сферичну форму. Особина з обома генами у стані рецесивної гомозиготи отримає видовжені плоди.



Мал. 30.1. Комплементарна взаємодія генів



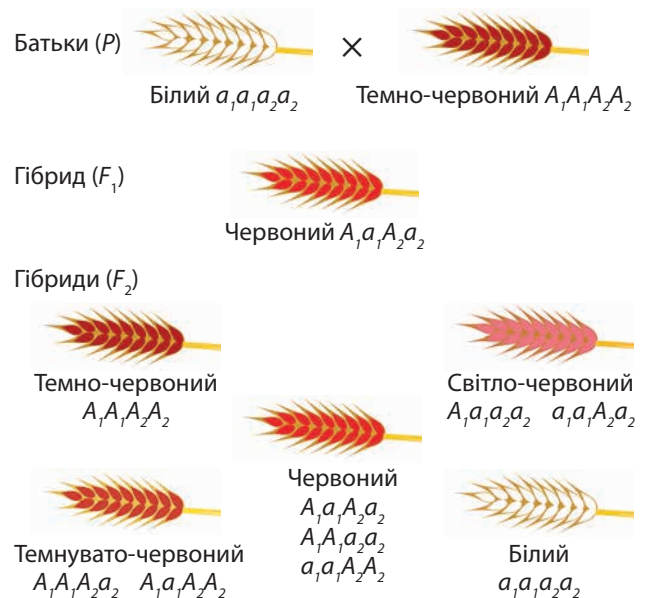
Мал. 30.2. Епістатична взаємодія генів

Епістаз

У разі **епістатичної взаємодії** генів домінантний або рецесивний алель одного гена пригнічує прояв домінантного алеля іншого гена. Відповідно, розрізняють домінантний і рецесивний епістаз. Наприклад, у собак домінантний алель гена A забезпечує чорне забарвлення, а рецесивний — коричневе (мал. 30.2). A домінантний алель гена I взагалі блокує синтез відповідних ферментів і спричиняє появу палевого забарвлення. Тому особини з генотипами $iiA-$ матимуть чорну шерсть, з генотипами $I-A-$ або $I-aa$ — палеву, а з генотипом $ii aa$ — коричневу.

Полімерія

У разі **полімерної взаємодії** генів для прояву ознаки необхідна наявність хоча б одного домінантного алеля в будь-якого з кількох генів. Ці гени виконують одну функцію (наприклад, забезпечують синтез одного пігмен-



Мал. 30.3. Полімерна взаємодія генів

ту), але можуть розташовуватися в різних хромосомах. Їх називають полімерними генами. Полімерні гени зазвичай визначають кількісні ознаки (розмір, забарвлення тощо) (мал. 30.3). Діють вони, доповнюючи один одного, тому їх, як правило, позначають однаковими літерами латинського алфавіту, додаючи нижній числовий індекс для того, щоб розрізнити гени між собою. Наприклад, $A_1A_1a_2a_2$ або $A_1a_1A_2A_2$.

За цим механізмом відбувається успадкування кольору насіння у пшениці та кольору шкіри в людини. Так, у разі успадкування кольору насіння пшениці взаємодіють два полімерні гени, кожен із яких має по два алелі. A забарвлення насіння обумовлене кількістю домінантних алелів цих генів. Чим більше домінантних алелів, тим більша інтенсивність червоного забарвлення. У рецесивних гомозигот насіння біле, а в особин із генотипом $A_1A_1A_2A_2$ воно темно-червоне.



Ключова ідея

Ознаки живих організмів у більшості випадків визначаються не одним геном, а кількома. Навіть взаємодія алелів одного гена може спричинити формування нової ознаки, наприклад, за неповного домінування алеля. Взаємодія неалельних генів також може зумовити формування ознак. Прикладами таких взаємодій є явища комплементарності, епістазу й полімерії.



Перевірте свої знання

1. Чому в природі є багато варіантів забарвлення очей у дрізофіли?
2. У якому випадку нова ознака може сформуватися під час взаємодії алелів одного гена?
3. Як відбувається взаємодія генів у випадку: а) комплементарності; б) епістазу; в) полімерії?
4. Чому більшість ознак організмів контролюється не одним геном, а кількома?



§ 31. Зчеплене успадкування і кросинговер

? Поміркуйте

За допомогою яких методів можна вивчати особливості успадкування ознак?

← Згадайте

- Яку будову мають хромосоми?
- Що таке кросинговер і коли він відбувається?

Хромосоми і групи зчеплення

Після відкриття законів Г. Менделя в науці поступово почали накопичуватися факти про те, що в деяких випадках розщеплення ознак відбувається не так, як це передбачали. Виявилося, що гени, які розташовані в одній хромосомі, успадковуються разом (зчеплено). Такі гени назвали **зчепленими генами**. А разом усі гени, які розташовані в одній хромосомі, утворюють **групу зчеплення**.

Кількість груп зчеплення в організмів певного виду дорівнює кількості хромосом в одинарному (гаплоїдному) наборі, який міститься у статевих клітинах. Наприклад, у дрозофіли 4 групи зчеплення, у кішки — 19, у собаки — 39, а в людини їх 23.

Утворення гамет у разі зчепленого успадкування

Прикладом зчепленого успадкування генів може бути успадкування двох ознак у мушки дрозофіли — кольору тіла й форми крил (мал. 31.1). Чорний колір (a) і зачаткові крила (b) визначаються рецесивними алелями, а сіре тіло (A) і довгі крила (B) — домінантними. Гени, які визначають ці ознаки, розташовані поряд в одній хромосомі.

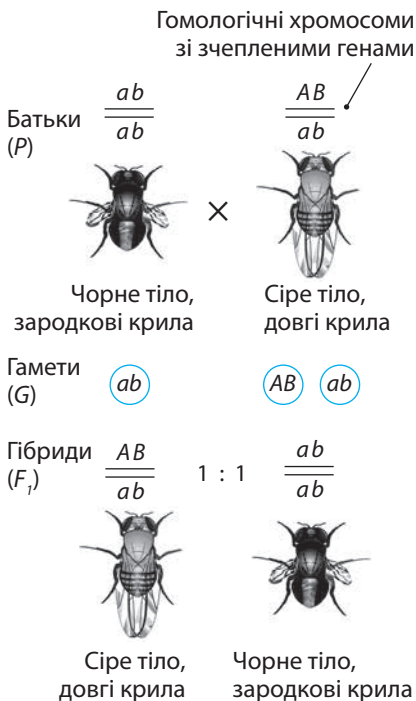
Що буде у випадку, якщо ми схрестимо самицю дрозофіли, яка є рецесивною гомозиготою за цими ознаками (генотип aabb), із самцем, у якого в одній хромосомі розташовані два домінантні алелі, в іншій — два рецесивні (генотип AaBb)? Якби ці ознаки успадковувалися незалежно, то в гетерозиготній мухи мали б утворитися чотири типи гамет: Ab, aB, AB і ab. Але ознаки успадковуються зчеплено, і тому утворюється лише два типи гамет: AB і ab (у самців кросинговер не відбувається). Відповідно, нащадки від цього схрещування будуть мати тільки два фенотипи: сіре тіло з довгими крилами й чорне тіло із зачатковими крилами.

Хромосомна теорія спадковості

В основу хромосомної теорії спадковості було покладено факт існування груп зчеплення, якими й були хромосоми. Ця теорія пояснила відхилення від законів Менделя під час розщеплення в нащадків тих ознак, які успадковуються зчеплено.

Слід зазначити, що Т. Х. Морган (мал. 31.2) удало обрав об'єкт для своїх досліджень. Він зупинився на мушці-дрозофілі, яка згодом стала класичним об'єктом для генетичних експериментів. Дрозофіл легко утримувати в лабораторіях, вони вирізняються надзвичайною плодючістю, швидкою зміною поколінь (за оптимальних умов утримання кожні півтора-два тижні виникає нове покоління) та невеликою кількістю хромосом, що спрощує спостереження.

У лабораторії Т. Моргана було визначено, як успадковується довжина крил та колір тіла у дрозофіли. У разі схре-



Мал. 31.1. Зчеплене успадкування генів у дрозофіли



щування дрізофіл із генотипами AaBb і aabb отримали мух із двома варіантами фенотипів, утворених від гамет АВ і ab, замість чотирьох спрогнозованих. Це було можливо лише в тому випадку, якщо ці два гени розташовувалися поряд на одній хромосомі. Такі досліді й дозволили обґрунтувати хромосомну теорію спадковості.

Основні положення хромосомної теорії спадковості

- Матеріальною основою спадковості є хромосоми.
- Гени розташовані в хромосомах у лінійній послідовності.
- Гени, що локалізовані в одній хромосомі, утворюють одну групу зчеплення і передаються нащадкам разом.
- Кількість груп зчеплення дорівнює гаплоїдному числу хромосом.
- Гаплоїдне число хромосом є постійним для кожного виду.
- Ознаки, що визначаються зчепленими генами, також успадковуються зчеплено.
- Між гомологічними хромосомами можуть відбуватися кросинговери й обмін ділянками.
- Частота кросинговеру прямо пропорційна відстані між генами.

Механізм кросинговеру

В експериментах Моргана та його учнів під час вивчення успадкування зчеплених ознак було виявлено, що серед гібридів дрізофіл є певна частина мух із перекомбінацією цих ознак, а також має місце порушення зчепленого успадкування. Це було наслідком кросинговеру.

Ви вже знаєте, що кросинговер — це обмін ділянками гомологічних хромосом у процесі мейозу. Саме через кросинговер немає абсолютно повного зчеплення генів, за якого вони передавалися б завжди разом. Чим далі один від одного вони розташовані на хромосомі, тим частіше відбувається явище кросинговеру.

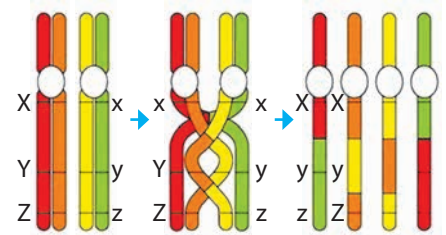
Перехрещення між хроматидами гомологічних хромосом може проходити одночасно в кількох точках.

Кросинговер, що відбувається лише в одному місці, називають поодиноким, у двох точках одночасно — подвійним, у трьох — потрійним. Насправді в живих клітинах кросинговер завжди є множинним (мал. 31.3), а всі інші варіанти стосуються конкретних генів, які досліджують у певній групі зчеплення. Гамети, у яких відбувся кросинговер, називають **кросоверними**.

Як саме успадковуються ознаки, якщо гени, які їх контролюють, розміщені в одній хромосомі? Відповідь на це запитання криється в хромосомній теорії спадковості. Сформульована вона була на початку XX ст. в Європі. Але обґрунтував і подав її в сучасному вигляді американський генетик Т. Х. Морган зі своїми учнями.



Мал. 31.2. Томас Хант Морган (1866–1945)



Мал. 31.3. Множинний кросинговер

! Ключова ідея

Особливості розташування генів у хромосомах та механізми їх зчепленого успадкування описує хромосомна теорія спадковості. Гени, що містяться в одній хромосомі, утворюють так звану групу зчеплення й успадковуються разом. Зазвичай зчеплення не є повним. Порушення зчеплення пояснюється явищем кросинговеру.

≡ Перевірте свої знання

1. Що таке група зчеплення? **2.** Які основні положення хромосомної теорії спадковості? **3.** Що таке кросинговер? **4.** Чому дрізофіла виявилася дуже зручним об'єктом для генетичних досліджень? **5*.** Деякі гени гороху містяться в одній хромосомі, але їх успадкування відбувається згідно із законами Г. Менделя, тобто незалежно. Поясніть, яким чином це можливо.

§ 32. Генетика статі й успадкування, зчеплене зі статтю



? Поміркуйте

Яку перевагу може давати організмам наявність двох різних типів статевих клітин?

← Згадайте

- Скільки хромосом міститься у статевих клітинах?
- Які особливості будови мають сперматозоїд і яйцеклітина ссавців?

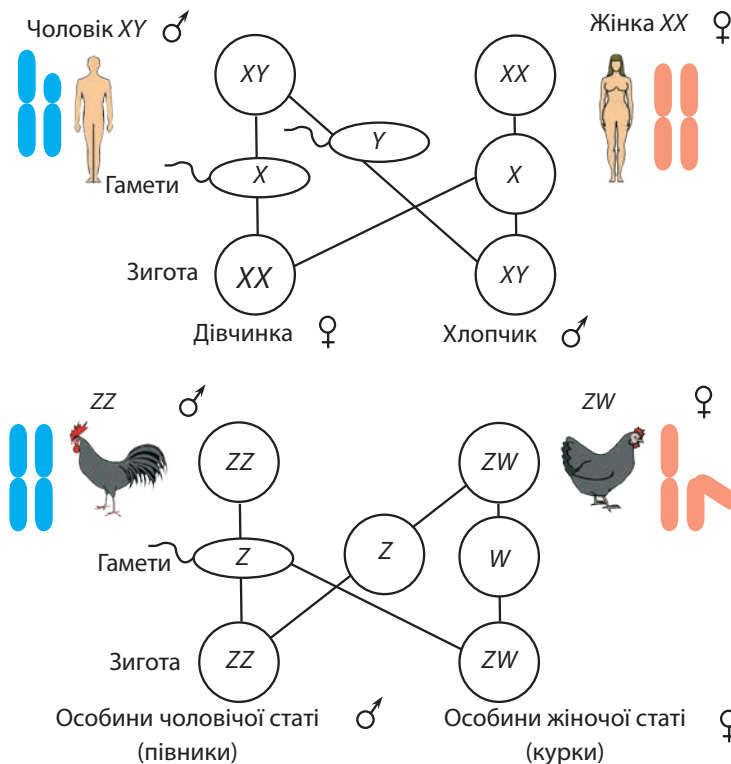
Способи визначення статі

У живих організмів існує кілька способів визначення того, якої статі особина розвивається із зиготи.

Майбутню стать можуть визначати зовнішні умови — температура, світло (якщо личинка черв'яка бонелії перебуває на дні океану, то з неї розвивається самиця, а якщо на хоботку самиці, то самець), плоідність організму (у бджіл і мурах гаплоїдні особини — самці, а диплоїдні — самиці) чи спеціальні статеві хромосоми, як у дрізофіл (інші хромосоми в цьому випадку називають аутосомами).

Статеві хромосоми

Якщо організм визначає свою стать за допомогою статевих хромосом, то він має одну або дві такі хромосоми. Якщо статевих хромосом дві, то вони зазвичай відрізняються за розміром (одна велика, а друга маленька). А особини різної статі мають або дві великі хромосоми (гомогаметна стать), або одну велику й одну маленьку (гетерогаметна стать). Позначають такі хромосоми латинськими літерами. Наприклад, велику хромосому можуть позначати літерою X, а малу — літерою Y.



Мал. 32.1. Утворення гамет у тварин із різними варіантами гомо- і гетерогаметної статі



Скрайбінг
«Хлопчик
чи дівчинка?»



У різних організмів гомогаметною може бути як жіноча, так і чоловіча стать. Наприклад, у ссавців і мух гомогаметною є жіноча стать (її представники мають по дві Х-хромосоми, генотип — ХХ), а гетерогаметною — чоловіча (її представники мають одну Х- і одну Y-хромосоми, генотип — ХУ) (мал. 32.1). У більшості птахів і метеликів, навпаки, гомогаметною статтю є чоловіча (її представники мають по дві однакові хромосоми, але позначаються вони вже іншою латинською літерою — Z, генотип — ZZ), а гетерогаметною — жіноча (генотип — ZW).

Гени, зчеплені зі статтю

Гени, які розташовані у статевих хромосомах, називають **генами, зчепленими зі статтю**. Прикладами таких генів є гени забарвлення очей у Х-хромосомі дрозоді, гени дальтонізму й гемофілії в Х-хромосомі людини та гени гіпертрихозу й іхтіозу в Y-хромосомі людини.

Особливістю генів, які зчеплені зі статтю, є те, що вони можуть перебувати у стані гемізиготи. **Гемізигота** — це диплоїдна особина, яка має лише один алель певного гена. Цей стан виникає внаслідок того, що особини однієї зі статей мають дві різні статеві хромосоми. Наприклад, у котів у Х-хромосомі генів багато, а в Y-хромосомі мало. Через це навіть рецесивні алелі генів Х-хромосоми будуть проявлятися у фенотипі, бо немає другої хромосоми з домінантним алелем.

Успадкування генів статевих хромосом

Розглянемо особливості успадкування генів, зчеплених зі статтю, на прикладі ссавців. Із генами, які розташовані в Y-хромосомі самців, усе просто. Вони передаються напряму від самця до самиці і в самиць проявлятися не можуть. Вони завжди перебувають у стані гемізиготи, бо в нормі ця хромосома в ядрі клітини тільки одна.

Успадкування генів, які розташовані на Х-хромосомах, більш складне. В організмі самиць вони поведуться, як звичайні гени аутосом (нестатевих хромосом), бо Х-хромосом тут дві. В організмі самців ці гени проявляють себе у стані гемізиготи. Тому ознаки, які визначаються рецесивними алелями таких генів, проявляються у самців завжди. А отримують вони їх від своїх матерів.

! Ключова ідея

У живих організмів існує кілька способів визначення майбутньої статі організму. Один із найбільш поширених — за допомогою статевих хромосом. У ссавців самці мають статеві хромосоми ХУ, а самиці — ХХ. Гени, які розташовані у статевих хромосомах, називаються генами, зчепленими зі статтю. Ознаки, які визначаються рецесивними алелями генів Х-хромосоми, проявляються у самців, але передаються через самиць. Гени, які розташовані в Y-хромосомі, передаються напряму по лінії самців.

+ Дізнайтеся більше

У живих організмів існує кілька способів визначення майбутньої статі організму. Один із найбільш поширених — за допомогою статевих хромосом. У ссавців самці мають статеві хромосоми ХУ, а самиці — ХХ. Гени, що розташовані у статевих хромосомах, називаються генами, зчепленими зі статтю. Ознаки, що визначаються рецесивними алелями генів Х-хромосоми, проявляються у самців, але передаються через самиць. Гени, що розташовані в Y-хромосомі, передаються напряму по лінії самців.

≡ Перевірте свої знання

1. Якими способами визначається майбутня стать живих організмів? **2.** Що таке гомогаметна стать? Наведіть приклади. **3.** Що таке гетерогаметна стать? Наведіть приклади. **4.** У яких випадках організм може бути гемізиготою? **5.** Яка ймовірність народження сина з нормальним зором, якщо батько дальтонік, а мати є гомозиготною за нормальною ознакою? Обґрунтуйте відповідь.



§ 33. Форми мінливості



Поміркуйте

Які фактори можуть упливати на формування ознак організму?



Згадайте

- Як гени можуть взаємодіяти між собою?
- Що таке кросинговер?

Приклади модифікаційної мінливості

Зміна маси тіла тварин у разі зміни кількості їжі

Зміна забарвлення хутра в зайця-біляка після настання зими

Зміна розміру окремих листків на одному дереві (мал. 33.1)

Утворення засмаги на шкірі людини під впливом сонячного проміння

Приклади комбінативної мінливості

Поява рослин із рожевими квітками в разі схрещування рослин із синіми й червоними квітками за неповного домінування

Поява рослин гороху із жовтими зморшкуватими насінинами у другому поколінні нащадків від схрещування рослин із зеленими зморшкуватими й жовтими гладенькими насінинами

Різноманітність форм мінливості

Ви вже знаєте, що мінливість — це властивість живих організмів змінюватися. Ці зміни можуть відбуватися як із самим організмом упродовж певного часу, так і зі зміною поколінь у кожного з видів живих організмів.

Генетики виділяють дві основні форми мінливості: **спадкову (генотипову)** і **неспадкову (модифікаційну, або фенотипову)**.

Зміни, які виникають у випадку спадкової мінливості, передаються нащадкам. А зміни, які виникають у випадку неспадкової мінливості, нащадкам не передаються.

Спадкова мінливість поділяється на **комбінативну** й **мутаційну**. За комбінативної мінливості структура ДНК не змінюється. Відбувається лише перекомбінування алелів різних генів. За мутаційної мінливості структура ДНК може змінюватися.

Модифікаційна (фенотипова) мінливість

Неспадкову мінливість іще називають фенотиповою, або модифікаційною. **Модифікації** — це фенотипові зміни, які виникають під впливом умов середовища. Модифікаційні зміни ознаки не успадковуються, але її діапазон (норма реакції) генетично зумовлений і успадковується. Вони не спричиняють змін генотипу. Модифікаційна мінливість відповідає умовам існування, є пристосувальною.

Унаслідок цієї мінливості під дією на організм факторів навколишнього середовища змінюється інтенсивність ферментативних реакцій або відбувається «включення» чи «виключення» певних генів. Характерною рисою модифікаційної мінливості є оборотність — зникнення змін у разі зникнення специфічних умов середовища, що зумовлює виникнення модифікації.

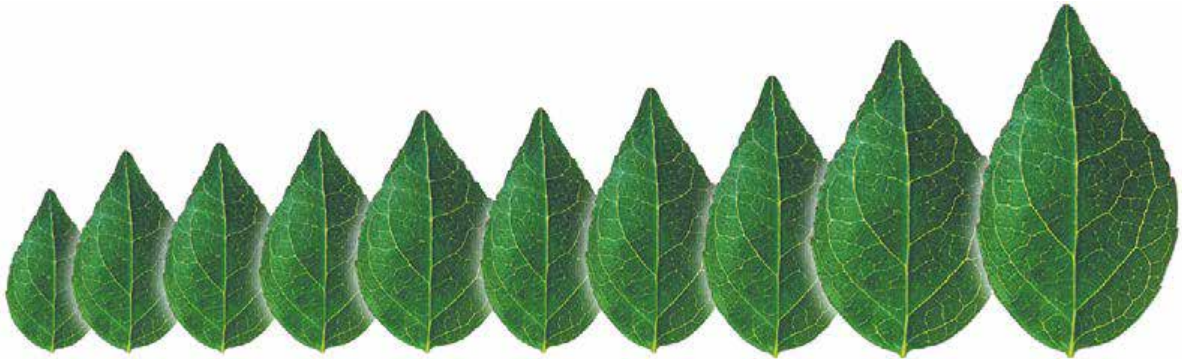
Комбінативна мінливість

Комбінативна мінливість пов'язана з отриманням нових поєднань генів у генотипі. Ви вже добре знайомі із цим типом мінливості на прикладі законів Г. Менделя і взаємодії генів.

В еукаріотів, які розмножуються статевим шляхом, комбінативна мінливість досягається в результаті трьох процесів:

- незалежного розходження хромосом під час мейозу;
- випадкового поєднання гамет під час запліднення;
- рекомбінації генів завдяки кросинговеру.

Самі гени при цьому не змінюються, але виникають нові їхні поєднання, що призводить до появи організмів з іншими генотипом і фенотипом.



Мал. 33.1. Модифікаційна мінливість листків рослини

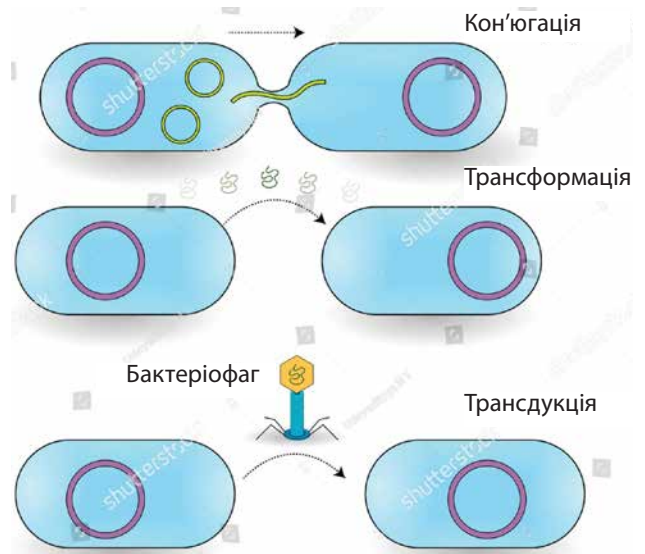
Комбінативна мінливість у прокаріотів

Комбінативна мінливість трапляється не лише в еукаріотів, які здійснюють її під час статевого розмноження. У мікроорганізмів, які розмножуються нестатевим шляхом, теж виникли спеціальні механізми комбінативної мінливості. Це кон'югація, трансдукція і трансформація (мал. 33.2).

Кон'югація — це безпосередній контакт між двома бактеріальними клітинами за допомогою спеціальних порожнистих трубочок (статевих ворсинок), під час якого генетичний матеріал з однієї клітини переноситься в іншу. Зазвичай кон'югація контролюється генами, які розташовані в плазміді.

Трансформація — це перенесення ДНК, яка була ізольована, із одних бактеріальних клітин до інших. Найчастіше вона відбувається після загибелі бактеріальних клітин. Після того, як загиблі клітини руйнуються, окремі фрагменти їхньої ДНК можуть поглинатися іншими бактеріями. Потім бактерії вбудовують ці фрагменти у свою кільцеву молекулу ДНК.

Трансдукція — це перенесення бактеріальних генів з однієї клітини в іншу за допомогою бактеріофага. Коли бактеріофаги роз-



Мал. 33.2. Кон'югація, трансформація та трансдукція у прокаріотів

множуються в клітині, то в деякі з вірусних часток потрапляє ДНК не вірусу, а бактерії. Вірусна частка переносить цю ДНК в іншу бактеріальну клітину, де вона вбудовується в бактеріальну хромосому.

За допомогою таких процесів бактерії можуть, наприклад, обмінюватися генами стійкості до антибіотиків.



Ключова ідея

Мінливість поділяють на спадкову й неспадкову. Зміни, які виникли внаслідок модифікаційної мінливості, не передаються нащадкам. Зміни, які виникли внаслідок спадкової мінливості, нащадкам передаються. Спадкова мінливість поділяється на комбінативну й мутаційну. За комбінативної мінливості структура ДНК не змінюється, а за мутаційної може змінюватися.



Перевірте свої знання

1. Що таке мінливість? **2.** Що таке модифікаційна мінливість? **3.** Наведіть приклади модифікаційної мінливості в рослин і тварин. **4.** Складіть список характерних особливостей комбінативної мінливості. **5.** Наведіть приклади комбінативної мінливості в живих організмів. **6.** Порівняйте спадкову й неспадкову мінливість. **7*.** Складіть список факторів, які можуть упливати на мінливість живих організмів.

§ 34. Мутації



? Поміркуйте

Чому для клітини є важливим збереження структури її ДНК?

← Згадайте

- Яку структуру має молекула ДНК?
- Що таке репарація ДНК?

Основні положення теорії мутацій

Мутації виникають раптово як дискретні (перервні) зміни ознак

Нові форми є стійкими

На відміну від неспадкової мінливості, мутаційні ознаки не утворюють неперервних рядів і не зосереджуються навколо якогось середнього типу. Мутації є якісними змінами в організмах

Мутації проявляються по-різному. Вони можуть бути і шкідливими, і корисними

Вірогідність виявлення мутацій залежить від кількості досліджуваних особин

Одні й ті самі мутації можуть виникати повторно

Мутаційна мінливість

Мутаційна мінливість виникає внаслідок змін структури або кількості молекул ДНК. Ви вже ознайомилися з причинами цих порушень і механізмами репарації ДНК, які дозволяють ліквідувати такі порушення. Але якщо механізми репарації не впораються із завданням, то виникає зміна ДНК, яка буде передаватися нащадкам. Виникне мутація. Слід зазначити, що в багатоклітинних організмах нащадкам буде передано лише ті мутації, які виникли в статевих клітинах.

Мутації

Мутацією (лат. *mutatio* — зміна) називають зміну ознаки, що зумовлена зміною спадкових структур, перебудовою генетичного апарату. Мутації змінюють генотип особини. Вони виникають раптово, й іноді в результаті цих мутацій в організмі з'являються значні відмінності від вихідної форми (мал. 34.1).

Науковці й науковиці про такі зміни знали давно. Мутаційній мінливості присвятив свої роботи український вчений С. М. Гершензон (більше інформації про його внесок у науку розміщено в додатку наприкінці підручника). Термін мутація належить французькому вченому Г. де Фризу, який на початку XX століття сформулював основні положення теорії мутацій.

Класифікації мутацій

Існує кілька варіантів класифікації мутацій. За типом прояву ознаки в гетерозиготі мутації поділяють на **домінантні** (проявляються в гетерозиготі) і **рецесивні** (не проявляються в гетерозиготі). Якщо вони виникають у соматичних клітинах (соматичні мутації), то можуть передаватися нащадкам лише за умови вегетативного розмноження. Якщо ж вони виникають у гаметах (генеративні мутації), то можуть передаватися нащадкам за умов звичайного статевого розмноження.

Генні, хромосомні та геномні мутації

Проте однією з найбільш поширених класифікацій мутацій є їх розподіл за рівнем організації спадкового матеріалу, на якому відбувається мутація. Якщо мутація змінює лише один ген (заміна, утрата чи додавання пари нуклеотидів), це є прикладом **генної мутації**.

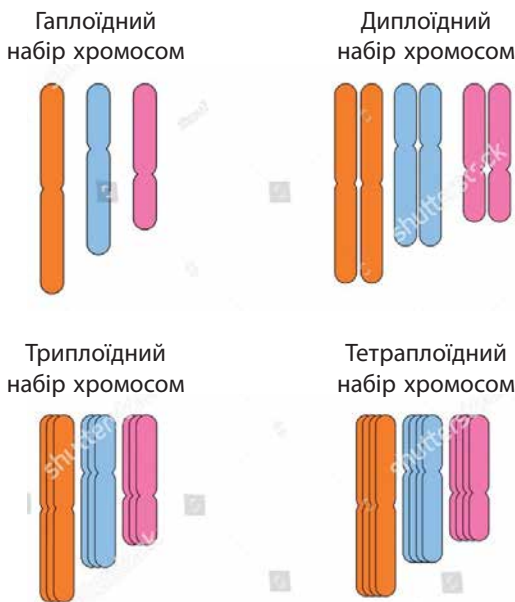
У разі, коли зачіпається комплекс генів на хромосомі (заміна, утрата, додавання чи зміна місця розміщення ділянки хромосоми), це є прикладом **хромосомної мутації**.

А коли зміни відбуваються на рівні геному (зміна кількості окремих хромосом чи всього хромосомного набору), це є прикладом **геномної мутації**.



Мал. 34.1. Приклади нормальної та мутантної форм у представників одного виду

До геномних мутацій належать поліплоїдія і гетероплоїдія (анеуплоїдія). **Поліплоїдія** — це збільшення кількості хромосом шляхом додавання цілих хромосомних наборів у результаті порушення мейозу (мал. 34.2).



Мал. 34.2. Можливі варіанти поліплоїдії

Гетероплоїдія — це зміна кількості хромосом, не кратна гаплоїдному набору. Явище,

коли яка-небудь із хромосом у генотипі має не дві, а три гомологічні хромосоми, називаються **трисомією**. Трапляється і втрата однієї з гомологічних хромосом — **моносомія**.

Мутагенні фактори

Фактори, які спричиняють мутації, називаються **мутагенними**. Установлено, що будь-які фактори зовнішнього і внутрішнього середовища, які можуть порушувати гомеостаз, здатні спричиняти мутації. Традиційно їх поділяють на фізичні (рентгенівське та інші випромінювання, ультразвук, температура тощо), хімічні (хімічні сполуки) та біологічні (віруси, токсини).

Значну загрозу як мутагени для людини можуть становити шкідливі звички. І тютюнопаління, і алкоголь, і наркотичні речовини є досить сильними мутагенними факторами. Вони призводять до підвищення ризику виникнення мутацій у нащадків.

Мутагенні фактори широко застосовують у селекційній практиці з метою отримання нових сортів рослин і порід тварин. Так, на рослини діють критичними температурами, іонізуючим випромінюванням, хімічними речовинами (найбільш поширений алкалоїд колхідин).



Ключова ідея

Мутації змінюють генотип особи. Вони виникають раптово й порушують структуру ДНК. Існує кілька варіантів класифікації мутацій. За рівнем організації спадкового матеріалу, який пошкоджується, розрізняють генні, хромосомні й геномні мутації. До появи мутацій призводить вплив мутагенних факторів — фізичних, хімічних чи біологічних. Суттєву загрозу як мутагени для людини становлять тютюнопаління, уживання алкоголю й наркотичних речовин.



Перевірте свої знання

1. Що таке мутація? **2.** Наведіть приклади мутацій. **3.** Які існують типи мутацій? **4.** Які фактори можуть бути мутагенними? **5.** Чому живі організми можуть бути мутагенними факторами? **6*.** Поясніть, у чому полягає ризик для нащадків людини, якщо вона вживає наркотичні речовини. **7*.** Запропонуйте та обґрунтуйте заходи захисту від впливу мутагенних факторів. Зробіть постер на цю тему.

§ 35. Спадкові захворювання людини. Генетичне консультування

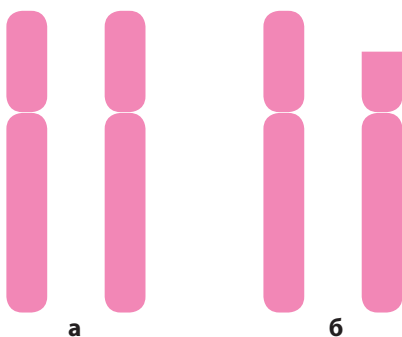


? Поміркуйте

Які мутагенні фактори можуть становити загрозу для людини?

← Згадайте

- Які типи мутацій вам відомі?
- Що таке мутагенні фактори?



Мал. 35.1. П'ята пара гомологічних хромосом у здорової (а) та хворої на синдром Лежена (б) людини

Гемофілія є прикладом зчепленого зі статтю генного захворювання. Вона стала добре відомою після того, як було встановлено успадкування цієї хвороби в нащадків англійської королеви Вікторії (мал. 35.2). Сама королева на гемофілію не хворіла. Але від одного зі своїх батьків отримала Х-хромосому з дефектним варіантом відповідного гена.

Спадковими захворюваннями є синдром Кляйнфельтера (генотип ХХУ) і синдром Шерешевського-Тернера (у геномі є лише одна Х-хромосома).

Генетика людини і спадкові захворювання

Генетика людини вивчає явища спадковості й мінливості в популяціях людей, особливості успадкування нормальних і патологічних ознак, залежність захворювання від генетичної схильності та чинників середовища, механізми виникнення спадкових захворювань.

Як і в інших живих організмів, генетичні порушення в людини можуть відбуватися на різних рівнях організації спадкового матеріалу. Відповідно, трапляються геномні, хромосомні та генні захворювання.

Геномні й хромосомні захворювання людини

Геномні й хромосомні захворювання людини зазвичай є дуже тяжкими й рідко бувають сумісними із життям. Так, у разі утворення триплоїдної зиготи зародок гине на досить ранніх стадіях розвитку. Зміни кількості хромосом в окремих парах (трисомії та моносомії) теж відомі. Однак у більшості випадків зародки з такими порушеннями знову ж таки гинуть.

Є лише кілька винятків. Так, до народження доживають немовлята з трисоміями по 13-й (синдром Патау), 18-й (синдром Едвардса) і 21-й (синдром Дауна) хромосомах. У деяких випадках вони виникають не внаслідок повної трисомії, а внаслідок перенесення короткого плеча певної хромосоми на якусь іншу хромосому. Люди із синдромами Патау й Едвардса мають значні порушення розвитку різних систем організму. Їхня тривалість життя невисока. Люди із синдромом Дауна мають довшу тривалість життя, але проблеми зі здоров'ям, як правило, їх не оминають.

Прикладом хромосомного захворювання в людини є синдром Лежена, який виникає внаслідок втрати фрагмента хромосоми 5 (мал. 35.1). Його ще називають синдромом котячого крику, бо плач багатьох дітей із цим синдромом нагадує цей звук.

Частіше, ніж з аутосомами, трапляються порушення кількості статевих хромосом. Генотипи ХУУ і ХХХ якихось особливих зовнішніх фізичних проявів не мають. Але в разі подальшого збільшення кількості статевих хромосом проблеми виникають.

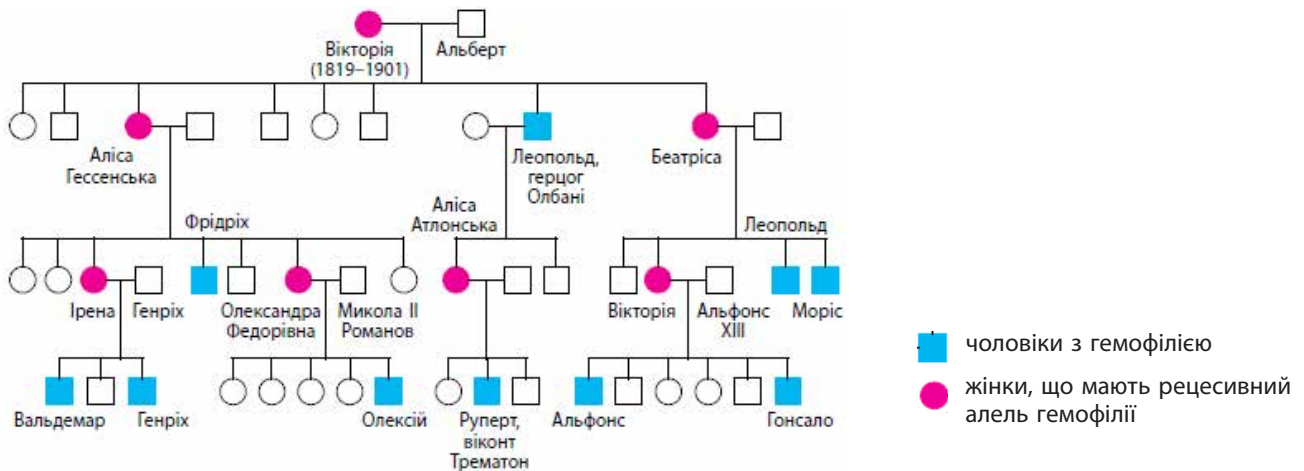
Генні захворювання людини

За допомогою сучасних методів досліджень уже відкрито близько 5000 молекулярних захворювань, які є наслідком прояву мутантних генів. Деякі з таких захворювань поки що лікувати не вдається, але для інших способи лікування знайдено. Більш докладно про генні захворювання людини подається в таблиці.



Приклади генних захворювань людини

Захворювання	Відомості про захворювання
Муковісцидоз	Виникає внаслідок пошкодження гена, розташованого на хромосомі 7. Призводить до загущення секретів залоз зовнішньої секреції. Спричиняє значні порушення в роботі травної та дихальної систем
Фенілкетонурія	Виникає внаслідок пошкодження гена, розташованого на хромосомі 12. Призводить до неможливості переробки амінокислоти фенілаланіну. За відсутності лікування призводить до ураження нервової системи
Дальтонізм	Виникає внаслідок пошкодження одного з трьох генів, що відповідають за синтез білка опсину, який сприймає відповідний колір. Ген синього опсину розташований на хромосомі 7, а гени червоного й зеленого — на X-хромосомі. Призводить до втрати можливості сприймати відповідний колір
Гемофілія	Виникає внаслідок пошкодження одного з генів, що відповідають за процес з'єднання крові. Ці гени розташовані на X-хромосомі. Призводять до порушення процесів з'єднання крові



Мал. 35.2. Родовід нащадків королеви Вікторії

Генетичне консультування

Зараз відомі сотні захворювань, у яких механізми біохімічних порушень вивчено досить докладно. Але спадкові захворювання людини набагато простіше попередити, ніж вилікувати. Тому для їхньої профілактики створено систему генетичного консультування. У генетичних консультаціях можна проаналізувати родоводи батьків і дізнатися про ризик народження дитини зі спадковим захворюванням.



Ключова ідея

У людини трапляються спадкові захворювання, які пов'язані зі зміною кількості хромосом (синдроми Патау, Едвардса, Кляйнфельтера тощо). Є й генні захворювання, пов'язані з пошкодженням окремих генів. Це фенілкетонурія, муковісцидоз, дальтонізм, гемофілія тощо. Для попередження спадкових захворювань створено систему генетичного консультування.



Перевірте свої знання

1. Що вивчає генетика людини? **2.** Які геномні й хромосомні захворювання спостерігають у людини? **3.** Які генні захворювання спостерігають у людини? **4.** Для чого потрібне генетичне консультування? **5.** Як, на вашу думку, можна зменшити ризик виникнення спадкових захворювань у людини?

§ 36. Сучасні методи молекулярної генетики



? Поміркуйте

Як можна боротися зі спадковими захворюваннями?

← Згадайте

- Які структури клітини є матеріальними носіями спадкової інформації?
- Як працюють механізми захисту ДНК від пошкоджень?

Переваги використання сучасних молекулярно-генетичних методів

Молекулярно-генетичні методи використовують для дослідження молекул ДНК і білків. Ці молекули не такі мінливі, як морфологічні ознаки.

Крім того, інтерпретація в порівнянні морфологічних ознак може бути значно більшою. Наприклад, можна сперечатися, яка з морфологічних ознак є більш важливою — форма вуха чи довжина рогів. А от із важливістю рибосомальної РНК суперечок не виникає.

Порівнюючи ДНК і білки різних організмів, можна відтворювати їхню еволюцію в минулому. Навіть такому далекому, що не залишило для досліджень викопних решток, тобто ще з часів доклітинного етапу еволюції життя (мал. 36.1).

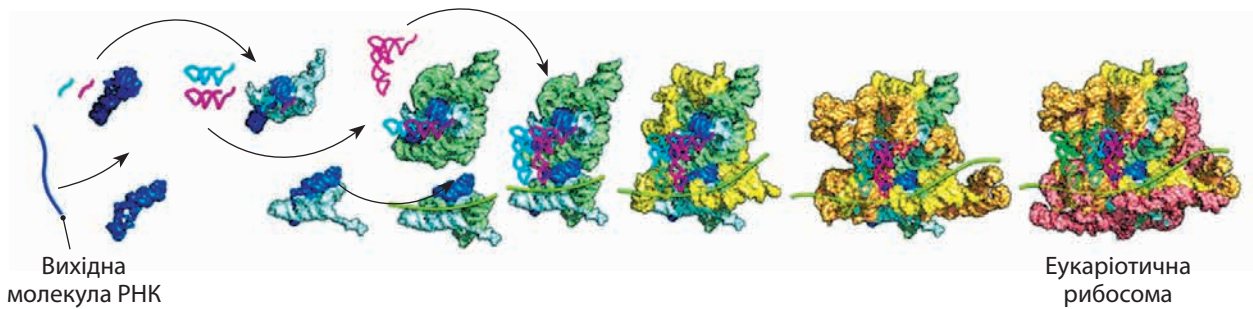
Різноманітність сучасних молекулярно-генетичних методів

Сучасні молекулярно-генетичні методи можна умовно поділити на кілька груп. Це методи виділення й очищення потрібних молекул, методи ампліфікації (копіювання) ДНК, методи гібридизації та методи обробки даних і моделювання (докладно про це можна розглянути в таблиці «Деякі групи методів молекулярно-генетичних досліджень»).

Зазвичай усі методи досліджень використовують у комплексі за допомогою певного обладнання (мал. 36.2).

Деякі групи методів молекулярно-генетичних досліджень

Група методів	Особливості	Що дають у результаті
Методи виділення й очищення	Грунтуються на виділенні хоча б невеликої кількості матеріалу, у якому міститься ДНК	Дозволяють виділяти ДНК з дуже давніх кісток або невеликих фрагментів організмів
Методи ампліфікації (копіювання) ДНК	Копіюють цілі молекули ДНК або їхні фрагменти, використовуючи звичайні механізми реплікації. Основою таких методів зазвичай є полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР)	Дозволяють із дуже незначної кількості ДНК отримати достатньо матеріалу для аналізу
Методи гібридизації ДНК (РНК)	За допомогою спеціальних молекул-зондів упізнають певні молекули ДНК. Використовують властивість ланцюжків ДНК утворювати подвійні ланцюжки з молекулами, які мають відповідні до них послідовності нуклеотидів	Дозволяють виявити потрібні гени та розпізнати послідовності ДНК (РНК)
Методи обробки даних і моделювання	Створюють бази даних про послідовності молекул ДНК різних видів і аналізують інформацію за допомогою спеціальних комп'ютерних програм	Створюють моделі, за якими можна перевіряти гіпотези щодо еволюційних зв'язків організмів



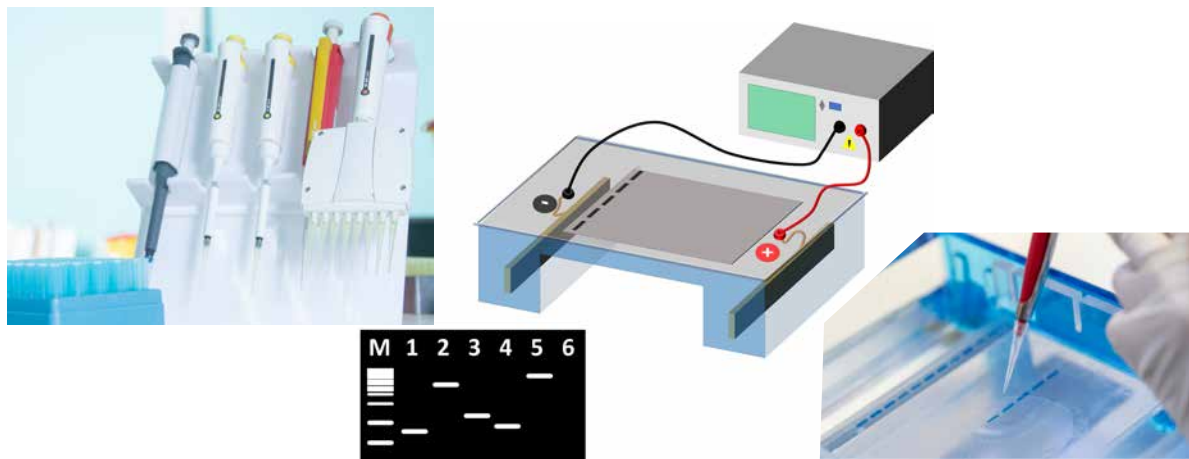
Мал. 36.1. Модель еволюції рибосоми

Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР)

Ця технологія за допомогою специфічних ферментів дозволяє багаторазово копіювати окремі фрагменти ДНК, значно збільшуючи їхню концентрацію в розчині протягом не дуже тривалого часу. Цей процес називають **ампліфікацією**. У результаті ампліфікації можна отримати достатню для аналізу кількість матеріалу, навіть якщо на початку було знайдено лише один невеличкий фрагмент ДНК. ПЛР дозволяє також проводити велику кількість різних маніпуляцій із генетичним матеріалом (клонування генів, секвенування тощо).

Метод генетичних маркерів

Цей метод полягає в ідентифікації певних генів, ділянок ДНК, хромосом або особин за допомогою притаманних лише їм поєднання нуклеотидів. У результаті секвенування ДНК встановлюється послідовність нуклеотидів у певному гені. Молекулярно-генетичні маркери (ДНК-маркери) є поліморфними (такими, що мають кілька варіантів) ознаками, виявленими методами молекулярної біології в нуклеотидній послідовності ДНК. Вони використовуються для порівняння різних груп (сортів, порід, штамів, видів, родів тощо) живих організмів.



Мал. 36.2. Обладнання для молекулярно-біологічних досліджень



Ключова ідея

Сучасні молекулярно-генетичні методи досліджень мають суттєві переваги перед традиційними методами. Вони дають значно більше можливостей для проведення досліджень і підвищення надійності їхніх результатів. До таких методів належать методи виділення потрібних молекул зі зразків, методи ампліфікації ДНК, методи гібридизації, методи обробки інформації тощо.

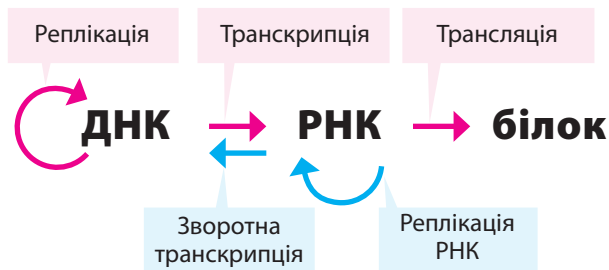


Перевірте свої знання

1. Які методи досліджень використовує генетика?
2. У чому полягає гібридологічний метод досліджень? Що він дозволяє визначити?
3. Які молекулярно-генетичні методи досліджень існують?
4. Для чого потрібні методи ампліфікації ДНК?
5. Які переваги мають сучасні методи досліджень перед класичними?
- 6*. Чому молекулярні методи діагностики є такими важливими для сучасної генетики людини?

Узагальнення знань за темою «Закономірності успадкування ознак»

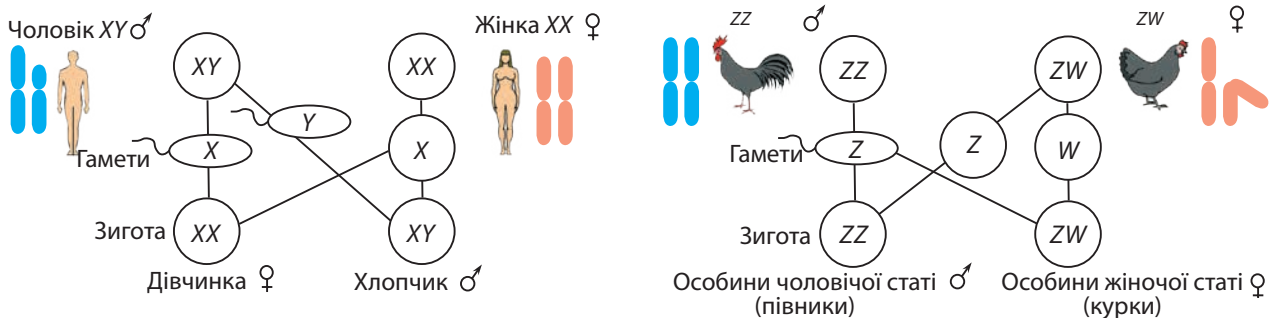
Центральна догма молекулярної біології



Закони спадковості

Закон однотипності гібридів першого покоління	Закон розщеплення спадкових ознак у нащадків гібрида	Закон незалежного комбінування спадкових ознак
Р: AA × AA Г: A, a F₁: AA	F₁: Aa × Aa Г: A, a F₂: AA, Aa, Aa, aa	Р: AABB × aabb F₁: AaBb F₂: AABB, AABb, AaBB, AaBb, AAbb, Aabb, aaBB, aaBb, AaBb, Aabb, aaBb, aabb

Генетика статі



Неалельна взаємодія генів

Різновид	Сутність	Приклади розщеплень за однією ознакою
Комплементарність	У визначенні ознаки беруть участь два гени	9:6:1 9:3:4 9:7 9:3:3:1
Епістаз	Алель одного гена пригнічує прояв алеля іншого гена	12:3:1 7:6:3 13:3 (домінантний епістаз) 9:3:4 9:7 13:3 (рецесивний епістаз)
Полімерія	Ступінь прояву ознаки залежить від кількості домінантних алелей полімерних генів	1:4:6:4:1

Компетентнісно орієнтовані завдання

1 Заздалегідь обравши один із методів генетичних досліджень та за допомогою технології SWOT-аналізу, оцініть їхні сильні та слабкі сторони, можливості та загрози.

Сильні сторони	SWOT-аналіз методів генетичних досліджень	Слабкі сторони
Можливості		Загрози

2 «Алгоритм Цицерона».

Давньоримський політичний діяч Цицерон уважав, що найкращою промовою є та, що відповідає на перелік наступних запитань: Що? Де? Чим? Як? Чому? Навіщо? Спробуйте й ви підготувати коротенький спіч «Що таке ген?», використавши ці запитання. Поділіться враженнями з однокласниками й одно-класницями.

3 У 2009 році компанія Nokia провела дослідження впливу спадковості на формування музичних смаків. В експерименті взяли участь 4000 людей різного віку. Виявилось, що чим молодша людина, тим більший вплив на її музичні вподобання має генетика. Як ви гадаєте, з чим це пов'язано? Чи можемо ми розглядати таке явище впливу на етапі успадкування ознак?

4 Найрідкіснішим на планеті кольором очей вважається зелений, оскільки зеленоокими є лише 2% жителів Земної кулі. Дослідіть, у чому особливість такої низької статистики.

5 За допомогою методу Fishbone поясніть найпоширеніші генетичні захворювання людини. На основі отриманих результатів роботи створіть презентацію. *Головні етапи створення Fishbone.*

1. Сформулюйте питання в полі «Проблема».
2. Після аналізу інформації за темою виділіть причини та факти (захворювання), що їх підтверджують.
3. Шляхом аналізу «причин-фактів» зробіть висновки.



6 Творча робота.

Створіть ментальну карту (мапу думок) закономірності успадкування ознак (Закони Менделя). Поясніть особливості регуляції реалізації спадкової інформа-

ції. Порівняйте свою ментальну карту з мапами однокласників і однокласниць.

7 Використавши безкоштовну онлайн-програму Family Tree Builder, спробуйте створити й дослідити власне генеалогічне дерево. Поділіться враженнями з однокласниками й однокласницями.

8 Перегляньте малюнок. Назвіть молекулярну структуру. За допомогою стратегії «Кубування» всебічно розгляньте біологічний об'єкт, відповідаючи на запитання, що записані на гранях кубика.



1. Опишіть (форма, розміри).
2. Порівняйте (на що схожий, від чого відрізняється, розміри).
3. Установіть асоціації (що спадає на думку, про що змушує думати).
4. Проаналізуйте (склад та як утворена).
5. Застосуйте (де та як використовується об'єкт).
6. Висловіть своє ставлення, з'ясуйте, які чинники впливають на об'єкт та його функцію.

9 Розв'яжіть генетичні задачі.

А) У пшениці червоне забарвлення колоса зумовлює домінантний алель В, а біле — рецесивний алель в. Які генотипи й фенотипи нащадків буде отримано в результаті схрещування двох гетерозиготних за цим геном особин.

Б). У томатів ген R визначає забарвлення плодів. Домінантний алель R забезпечує червоне забарвлення, а рецесивний алель r — жовте. Інший їхній ген відповідає за ріст рослин. Домінантний алель Н забезпечує високорослість рослин, а рецесивний алель h — карликовість. Які нащадки та в якому співвідношенні їх буде отримано в разі схрещування дигетерозиготної особини з особиною з генотипом rrhh?



Тестові завдання за темою
«Закономірності успадкування ознак»

Тема 6. Еволюція органічного світу

§ 37. Розвиток еволюційних поглядів та докази еволюції



? Поміркуйте

Чому існує велика кількість видів організмів?

← Згадайте

- Які групи живих організмів ви вивчали в попередніх класах?
- Яка група живих організмів є найбільшою за кількістю видів?

Розвиток поглядів на походження видів живих істот

Питання походження видів живих організмів завжди цікавило людей. Спочатку його намагалися розв'язати в межах релігійних поглядів. Але з формуванням наукової системи знань було запропоновано кілька гіпотез і теорій, згідно з якими еволюція є історичним розвитком живих організмів

на Землі (див. таблицю про історичні етапи розвитку еволюційних уявлень).

Автором першої еволюційної гіпотези став Ж.-Б. Ламарк, який уважав, що під впливом умов навколишнього середовища живі організми набувають корисних пристосувань (змінюють будову частин тіла, їхні функції, особливості індивідуального розвитку). Корисні ознаки успадковуються нащадками, що призводить до поступових змін виду. Наприклад, шия і ноги жирафа видовжилися завдяки намаганням багатьох поколінь дістати листя, що росло високо на деревах. Ламарк пояснював еволюційні зміни внутрішнім прагненням організмів до прогресу, їхньою силою волі.

У другій половині XIX ст. британський учений Чарльз Дарвін сформулював еволюційну теорію природного добору, яка ґрунтувалася на фактах і логічних висновках. Ця теорія пояснювала механізми змін живих організмів

Історичні етапи розвитку еволюційних уявлень

Період	Хто працював у цей період	Події в науці
Давні часи — епоха Середньовіччя	Демокріт, Геракліт, Лукрецій	Поява ідей про мінливість навколишнього світу та еволюційних процесів
1500–1800 рр.	К. Лінней, К. Вольф, П. Паллас, Ж. Бюффон	Усі вчені дотримуються ідеї креаціонізму: усі живі організми створені вищими силами. Але одні з них вважають, що організми відразу з'явилися такими, як вони є. Інші припускають, що організми змінюються з плином часу. З'являється перша еволюційна гіпотеза
1800–1858 рр.	Ж.-Б. Ламарк, Ж. Кюв'є, Е. Дарвін, Ж. Сент-Ілер	Створення перших наукових еволюційних теорій. Активні дискусії креаціоністів та еволюціоністів
1859–1940 рр.	Ч. Дарвін, А. Воллес, Т. Гекслі, Г. Мендель, Г. де Фріз, М. Вавилов, Н. Стівенс	Період становлення і розвитку дарвінізму. Еволюція, за Дарвіном, полягає в безперервних пристосувальних змінах видів. Вона відбувається на основі спадкової мінливості за допомогою природного добору
1940 — наш час	С. Четверіков, Ф. Добжанський, Дж. Холдейн, М. Тимофєєв-Ресовський, Р. Фішер, Дж. Гулд, Б. Мак-Клімток	Створення й розвиток синтетичної теорії еволюції, яка об'єднує ідеї дарвінізму та генетики і спирається на досягнення молекулярної біології, екології, систематики, палеонтології. Згідно з цією теорією, рушійною силою еволюції є природний добір мутацій і рекомбінацій генів, який відбувається на рівні популяцій



Усі дані палеонтології свідчать, що чим давнішими були геологічні породи, тим більш примітивні організми залишали в них свої рештки. Тобто з плином часу живі організми на нашій планеті ускладнювалися. Палеонтологам удалося простежити еволюційний розвиток усіх основних груп живих організмів.

та причини біорізноманіття на нашій планеті. Дарвін зазначив, що особини в популяціях розмножуються в геометричній прогресії.

Проте не всі нащадки доживають до дорослого віку й розмножуються. Для особин у популяціях характерна мінливість за багатьма ознаками (розміром, формою та кольором частин тіла тощо) та поведінкою, а нові ознаки успадковуються. Особини з різними ознаками мають різну ймовірність вижити і залишити потомство, бо постійно борються між собою за їжу з особинами інших видів (жертва втікає від хижака), з умовами середовища (гібернація бурого ведмедя взимку). Сукупність усіх взаємин між особинами та середовищем Дарвін назвав боротьбою за існування. Корисні ознаки, які підвищують пристосованість організмів до умов існування, забезпечують виживання й розмноження організмів. Такі ознаки зберігаються й поступово поширюються в популяції, а кількість менш пристосованих особин зменшується. Цей процес називають **природним добром**. Зрештою, результатом природного добору в популяції, що відбувається протягом тривалого часу, є виникнення нового виду. Таким чином, за Дарвіном, рушійною силою еволюції є природний добір, який спирається на спадкову мінливість.

Палеонтологічні докази еволюції

Палеонтологія — це наука, що вивчає вимерлі організми, які колись жили на нашій планеті. За триста років свого існування вона накопичила безліч даних про історію життя по-

Крім молекулярно-генетичних та палеонтологічних, існують й інші докази еволюції. Це анатомо-морфологічні та ембріологічні (схожість будови та індивідуального розвитку організмів у межах однієї систематичної групи). А єдність хімічного складу та основних процесів перетворення речовин у клітинах є гарним біохімічним доказом.



Мал. 37.1. Об'єкт палеонтологічних досліджень

передніх епох, завдяки яким установили послідовність розвитку життя й час, коли відбувалися ці події. Об'єктом палеонтології є скам'янілі залишки живих організмів і їхні сліди (мал. 37.1).

Молекулярно-генетичні докази еволюції

Сучасні молекулярно-генетичні методи відстежують еволюційні події, які не залишили слідів у палеонтологічному літописі. Органічні молекули не зберігаються у викопному вигляді тривалий час, але вони відтворюються в живих організмах. Таким чином інформація про минулі події зберігається в живих клітинах.

Для виявлення цієї інформації порівнюють молекули нуклеїнові кислоти й білки різних організмів. Оцінивши ступінь відмінності та подібності, можна з'ясувати, який вигляд мали молекули спільного предка цих організмів.

Ключова ідея

Еволюційні теорії пропонують пояснення механізмів цього процесу. Існує багато палеонтологічних і молекулярно-генетичних доказів еволюції.

Перевірте свої знання

1. Поясніть, як розвивалися погляди на появу живих істот. **2.** У чому різниця між еволюцією та еволюційною теорією? **3.** Наведіть приклади палеонтологічних доказів еволюції. **4.** Наведіть приклади молекулярно-генетичних доказів еволюції. **5*.** Знайдіть сліди еволюційних змін у вашому організмі. **6*.** Запропонуйте пояснення того, що досі значна частина видів живих організмів не описана наукою.

§ 38. Популяція організмів як одиниця еволюції



Поміркуйте

Чому саме організація виду як сукупності популяцій є основою для видоутворення?



Згадайте

Що таке генотип?

Характеристики популяції

Статичні

- чисельність
- щільність
- структура

Динамічні

- народжуваність
- смертність
- швидкість росту

Популяції та їхні характеристики

Популяція — це сукупність особин одного виду, які тривалий час займають певну територію, є відносно відокремленими від інших популяцій цього виду та вільно схрещуються між собою. Виникнення популяцій пов'язане з тим, що оптимальні умови існування є нерівномірно розподіленими на території, де мешкає вид. Популяції певного виду можуть взаємодіяти між собою, обмінюючись спадковим матеріалом шляхом перенесення насіння або спор вітром, водою, комахами, завдяки міграції тварин.

Кожній популяції властиві окремі характеристики: щільність, розподіл особин за віком і статтю, характер розміщення в межах проживання, тип росту та інші. **Чисельність популяції** — це загальна кількість особин, які складають популяцію. Чисельність популяції з часом може змінюватися.

Якщо рахувати не загальну кількість особин, а середню кількість на одиницю площі чи об'єму, то можна визначити щільність популяції (мал. 38.1).

Структура популяцій

Зазвичай особини в популяції розподілені нерівномірно. У складі популяцій виокремлюють більш дрібні угруповання (субпопуляційні групи): родини, зграї, колонії тощо. До того ж вирізняють просторову, вікову, статеву, генетичну й етологічну структури популяції.

Просторова структура популяції — це розподіл особин або їхніх угруповань у межах популяційного ареалу. Щільність особин певної популяції завжди вища на тих ділянках території, де умови існування оптимальніші, що дає змогу якнайповніше використовувати ресурси середовища. **Етологічна структура популяції** — це система форм взаємовідносин між особинами популяції, проявляється в їхній поведінці. Для представників популяцій, що мешкають на територіях з обмеженими ресурсами, притаманний поодинокий спосіб життя (сліпак звичайний, ящірка піщана, качки-крижні, коала). Такі тварини збираються разом лише



Мал. 38.1. Види з високою щільністю популяцій



в періоди розмноження чи міграції, тому для них не характерна етологічна структура популяції.

Груповий спосіб життя передбачає утворення родин, зграй, табунів, колоній тощо. Групи тварин краще пристосовуються до умов існування, ніж поодинокі особини, ефективніше полюють, турбуються про молодь, захищаються від хижаків.

Генетична структура популяції відображена в особливостях популяційного генофонду, який формується внаслідок схрещування особин у популяції та обміну спадковою інформацією між популяціями одного виду. Генофонди різних популяцій одного виду відрізняються набором алельних генів і частотою (концентрацією) окремих алелей та їх поєднань.

Статева і вікова структури популяцій

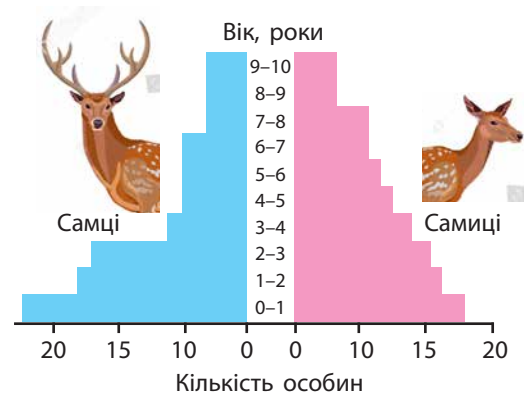
Дуже важливим показником для популяції є її вікова структура.

Це співвідношення чисельності особин різних вікових класів і поколінь.

Співвідношення чоловічої й жіночої статей у популяції має важливе екологічне значення. Воно безпосередньо пов'язане з потенціалом її розмноження. Визначається співвідношення статей як відношення кількості особин різної статі між собою або однієї зі статей до загального числа особин у популяції.

Статева і вікова структури популяції відображає її здатність до розмноження (мал. 38.2). Наприклад, якщо в популяції переважають старі особини або дуже мало самиць, швидко чисельність популяції не зростатиме.

Для відображення статевої структури популяцій використовують спеціальні графіки, на яких особини популяції розподіляють по групах за статтю та віком.



Мал. 38.2. Вікова і статеві структури однієї з популяцій оленів

Популяція як одиниця еволюції

Окрема особина будь-якого виду не здатна еволюціонувати, оскільки її генотип не змінюється протягом життя. Еволюційні зміни в живій природі відбуваються на рівні популяцій, які є структурними одиницями видів. Цьому існує таке пояснення. Популяція складається з особин, генотипи яких відрізняються завдяки спадковій мінливості. Під впливом різних чинників змінюється співвідношення частоти генотипів і алелей окремих генів (генетична структура популяції). У процесі боротьби за існування виживають і дають потомство тільки ті особини, хто має корисні зміни в нових умовах. Тобто змінюється генофонд популяції.

А зміна генофонду з часом може спричинити й еволюційні зміни. Наприклад, промислова революція у Великій Британії XIX століття стала причиною забруднення стовбурів дерев сажею від спалювання вугілля. На таких деревах хижакам було важче помічати метеликів із темним забарвленням крил і тіла. І такі варіанти окрасу поширилися в популяції метеликів Британії.



Перевірте свої знання

1. Що таке популяція?
2. За допомогою яких характеристик можна оцінити стан популяції?
3. У чому різниця між чисельністю й щільністю популяції?
4. Що таке: а) статеві структури популяції; б) вікові структури популяції?
5. Чи завжди тварини з популяції, яка проживає на певній території, буде розподілятися по цій території рівномірно? Поясніть на конкретних прикладах.
- 6*. Чому популяцію можна вважати елементарною одиницею еволюції? Поясніть на конкретному прикладі.



Ключова ідея

Популяція — це сукупність особин одного виду, які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію. Популяції мають свої характеристики, за якими їх можна порівнювати між собою: щільність, розподіл особин за віком і статтю, характер розміщення в межах проживання тощо.



§ 39. Еволюційні фактори



Поміркуйте

Що може впливати на генофонд популяції?



Згадайте

- Чому популяція є елементарною одиницею еволюції?
- Що таке генофонд популяції?

Еволюційні фактори

Еволюційні фактори — це явища й процеси, які змінюють генофонд популяції.

Зміни в генофонді популяцій із часом можуть накопичуватися, й особини в популяції починають дедалі більше відрізнятися від своїх предків.

Так і відбувається еволюція.

Існує кілька факторів еволюції (див. таблицю).

Еволюційні фактори

Фактор	Опис фактора
Мутації (мутаційний процес)	Природний процес зміни спадкової інформації в організмі внаслідок дії якогось мутагенного фактора або спонтанно
Дрейф генів	Зміна частоти алелів певних генів через випадкові процеси, наприклад, виверження вулкана, повінь або потрапляння невеликої групи особин на нову територію (ефект засновника)
Ізоляція	Розділення популяцій одного виду через виникнення між ними якихось бар'єрів. Бар'єри можуть бути фізичними (утворення гірського хребта, ріки або проливу між островом та материком), екологічні (спеціалізація груп особин у популяції за типом живлення або місцем розмноження) тощо
Міграція	Переміщення особин з однієї популяції в іншу або на нові території
Природний добір	Вживання більш пристосованих до певних умов існування особин у популяції

Види природного добору. Стабілізуючий добір

Природний добір діє на окремих особин, які є носіями тих чи інших варіантів ознак. Виділяють три основні форми природного добору: дизруптивний (розривний), рушійний (спрямований) і стабілізуючий (мал. 39.1).

Стабілізуючий добір підтримує сталість певної ознаки, що найбільше відповідає навколишньому середовищу. Він зазвичай відбувається в умовах, коли середовище існування мало змінюється й організми до нього добре пристосовані.

Так, представники ракоподібних щитні залишилися незмінними ще з часів мезозою. Їхні особини мають короткий термін життя і мешкають у калюжах. Умови життя в калюжах і зараз, і за часів динозаврів були однаковими. А період пересихання калюж щитні переживають на стадії яйця, яке в них є дуже стійким до будь-яких зовнішніх впливів.

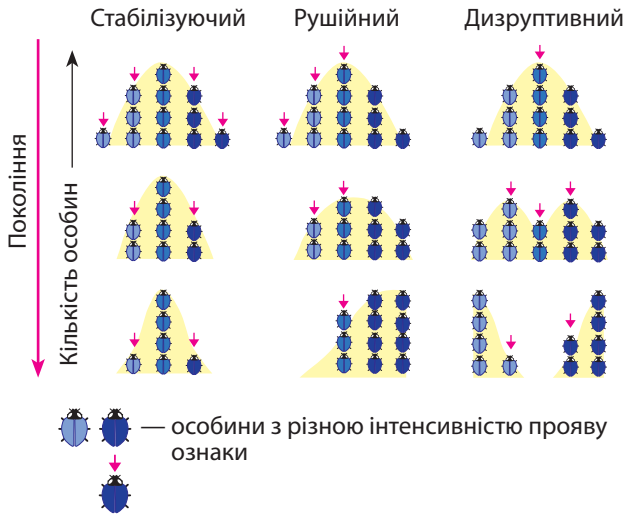
Рушійний добір

Рушійний (спрямований) добір сприяє зміні ознаки в певному напрямку, коли відбувається розширення території популяції. Наслідком є поява певних пристосувань. Так, комахи, ящірки й низка інших видів, які ховаються між листками рослин, мають зелений або бурий колір, мешканці пустель — колір піску.

У хижаків захисне забарвлення закріпилося завдяки тому, що його власник непомітно міг підкрастися до здобичі, а в жертви воно є наслідком того, що тварина залишалася менш помітною для хижаків. Ті з них, хто не мав захисного забарвлення під час пристосування до життя в таких умовах, гинув і не залишав нащадків.

Дизруптивний добір

Дизруптивний (розривний) добір спостерігається тоді, коли умови середовища настільки змінюються, що переважна кіль-



Мал. 39.1. Дія різних видів природного добору

кість особин у популяції втрачає адаптивність. Натомість з'являється більше особин із крайніми відхиленнями від середнього ознаками. Наслідком цього виду добору є поліморфізм — поява в популяції двох або більше форм із відмінними ознаками. Наприклад, різні особи предкового виду роду дятел спеціалізувалися за характером харчування та місцями проживання й утворили кілька видів, які відрізняються за розмірами тіла, деякими іншими морфологічними ознаками та місцями, у яких поселяються (дятел звичайний, дятел середній, дятел білоспинний).

Прикладом дизруптивного добору є ситуація з розходженням предків людини і шимпанзе. Спільний предок цих видів мешкав в Африці приблизно 8 млн років тому. Він чудово лазив по деревах, але здатен був пересуватися й на поверхні землі. Тому зміг заселити й невеликі лісові масиви, розташовані на межі савани. Жив він там на деревах, а між масивами пересувався пішки.

Після настання чергового циклу похолодання на нашій планеті площа лісів зменши-

лася, розміри лісових масивів на межі савани теж стали меншими, а відстані між ними збільшилися. Тому ходити пішки треба було вже набагато більше. У цих умовах перевагу отримували особи, які або ходили краще і жили більше в савані, або жили в глибині лісу й пересувалися по деревах. Дизруптивний добір спричинив те, що ті особи, які залишилися в лісі, стали предками шимпанзе, а ті особи, які жили в савані, стали предками людини.

Вражаючим прикладом дії дизруптивного відбору є розподіл розміру дзьобів у популяції західноафриканського зяблика, що харчується насінням двох видів осоки (болотної рослини) протягом частини року.

Птахи з великими дзьобами можуть легко розколювати тверде насіння осоки *Scleria verrucosa*, а для птахів з дрібними дзьобами це є важким завданням. Проте вони без будь-яких зусиль споживають м'яке насіння *S. goossensii*. Молоді зяблики, чиї дзьоби помітно відрізняються від двох переважаючих розмірів дзьобів, не виживають.

Статевий добір

Як одну з форм добору розглядають також статевий добір, який впливає на ознаки лише однієї статі. До такого добору призводить суперництво між особинами однієї статі за право вступити в розмноження з особинами іншої статі.

Ця форма добору сприяє появі статевого диморфізму, коли особи одного виду, але різної статі суттєво відрізняються між собою за зовнішнім виглядом.

Статевий диморфізм чудово видно на прикладі таких видів, як олені, кури та деякі комахи.



Ключова ідея

Елементарними факторами еволюції є мутації (мутаційний процес), популяційні хвилі (хвилі життя), дрейф генів, ізоляція, міграція та природний добір. Виділяють такі види природного добору, як стабілізуючий, рушійний, дизруптивний, статевий. Лише природний добір є направленим. Усі інші фактори еволюції є ненаправленими.



Перевірте свої знання

1. Що таке фактори еволюції?
2. На конкретному прикладі поясніть, що таке популяційні хвилі.
3. Поясніть, що таке мутаційний процес. Наведіть приклади.
4. На конкретному прикладі поясніть, що таке міграція.
5. Чому дрейф генів є ненаправленим фактором еволюції?



§ 40. Механізми видоутворення



Поміркуйте

Скільки часу може знадобитися для утворення нового виду?



Згадайте

- Які існують фактори еволюції?
- Що таке природний добір?

Різноманіття механізмів видоутворення

Існує кілька можливих механізмів утворення нового виду. Найважливішою умовою утворення виду є ізоляція його окремих популяцій.

Класифікацію механізмів видоутворення побудовано саме на різниці у варіантах створення ізоляції між різними популяціями виду (більш докладно про це див. таблицю).

Механізми видоутворення

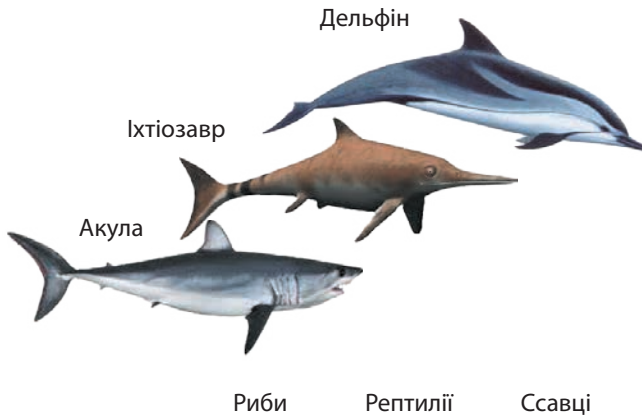
Механізм видоутворення	Опис механізму видоутворення
Географічне (алопатричне)	Нові форми організмів виникають як результат розриву ареалу й ізоляції окремих популяцій. У кожній ізолюваній популяції внаслідок дрейфу генів і добору змінюється генофонд. Далі настає репродуктивна ізоляція (неможливість схрещування особин), що веде до утворення нових видів. Причинами розриву ареалу можуть бути льодовики, утворення річок, гірські та інші геологічні процеси
Екологічне (симпатричне)	Нові форми організмів з'являються внаслідок екологічної ізоляції в межах одного ареалу. Ізоляція популяцій відбувається через невідповідність часу й місця схрещування, поведінки тварин, споживання різної їжі, пристосування до різних способів запилення в рослин тощо. Механізми видоутворення: гібридизація — нова форма організмів утворюється внаслідок схрещування двох видів. Прикладом такого видоутворення є слива (гібрид терну й аличі); поліплоїдія — нова форма організмів утворюється зі старої шляхом поліплоїдизації (кратного збільшення числа хромосом). Цей спосіб видоутворення поширений у рослин хромосомних перебудов — злиття або фрагментації

Напрями еволюційного процесу

Наслідком адаптацій організмів до умов середовища в результаті еволюції стали процеси конвергенції, дивергенції та паралелізму.

За умов, коли споріднені види потрапляють у різні умови існування, виникає явище **дивергенції**. Це процес, унаслідок якого однакові органи в різних організмів зовні починають відрізнятися, хоча й зберігають схожі риси внутрішньої будови (так звані гомологічні органи). У разі дивергенції споріднені види стають несхожими (як кити, бегемоти й лосі, які походять від спільного предка).

В умовах, коли далекі одна від одної систематичні групи організмів починають пристосовуватися до однакових умов, виникає явище **конвергенції**. Це процес формування схожих ознак у далеких за рівнем спорідненості груп організмів. У такий спосіб виникають так звані аналогічні органи. У разі конвергенції види стають схо-



Мал. 41.3. Конвергенція у плаваючих та літаючих організмів

жими (мал. 40.1). Прикладом конвергенції є обтічна форма тіла у водних хребетних різного походження: акул, дельфінів, іхтіозаврів. Ще один приклад конвергенції — схожа будова крил у кажанів та вимерлих рептилій птеродактилів.

Паралелізм виникає тоді, коли до схожих умов пристосовуються досить близькі за походженням види. У разі зовнішньої і внутрішньої подібності органи таких організмів можуть відрізнятися способами адаптації до умов життя. Прикладом паралелізму є моржі, справжні й вухаті тюлені. Ці три групи пристосовувалися до життя у воді незалежно й дещо відмінними способами. Але всі вони є представниками одного ряду.

Сучасна еволюційна теорія

Найбільш визнаною в наш час є синтетична теорія еволюції. Хоча існують й інші теорії, які пояснюють механізми процесів еволюції. Синтетична теорія еволюції сформувалася у 20–50-х роках XX століття під час об'єднання положень класичного дарвінізму та генетики. Найбільш важливими для формування теорії розділами генетики були теорія мутацій та популяційна генетика.

Основні положення синтетичної теорії еволюції

- Матеріалом для еволюції є спадкові зміни — мутації (як правило, генні) та їхні комбінації.
- Основним рушійним фактором еволюції є природний добір, що виникає на основі боротьби за існування.
- Найменшою одиницею еволюції є популяція.
- Еволюція має поступовий і тривалий характер. Видоутворення як етап еволюційного процесу є послідовною зміною однієї популяції низкою наступних популяцій.
- Еволюція має ненаправлений характер, тобто не йде в напрямку будь-якої кінцевої мети.
- Еволюція є необоротним процесом.

Значний внесок у розробку синтетичної теорії еволюції зробили вчені

**Дж. Холдейн, Р. Фішер,
Ф. Добжанський, М. Вавілов,
С. Четвериков, О. Сєверцов,
І. Шмальгаузен, Дж. Сімпсон
та інші.**



Ключова ідея

Існують такі механізми видоутворення: географічний і екологічний шляхом гібридизації, поліпроїдизації, злиття або фрагментації хромосом. У сучасній біології найбільш розробленою є синтетична теорія еволюції, що об'єднує основні ідеї класичної теорії еволюції, запропоновані Чарльзом Дарвіном, і досягнення сучасної генетики.



Перевірте свої знання

1. Що таке вид? 2. Назвіть критерії виду. 3. Як існують способи видоутворення? 4. Що відбувається в разі симпатричного видоутворення? 5. Що відбувається в разі алопатричного видоутворення? 6. Чи можуть утворюватися нові види шляхом схрещування? 7*. Чи може еволюція відбуватися без дивергенції? Відповідь обґрунтуйте. 8.* У чому полягають відмінності між конвергенцією і паралелізмом?

§ 41. Питання походження життя



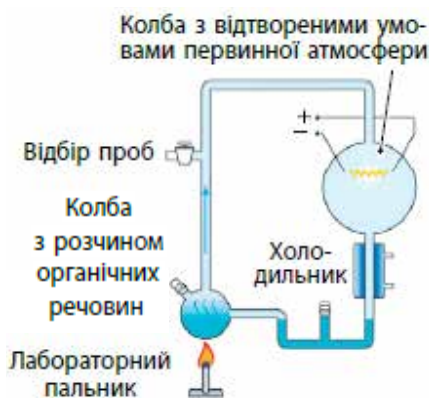
Поміркуйте

Які органічні речовини можуть виконувати ферментативну функцію?



Згадайте

- Які існують основні групи органічних речовин?
- З яких мономерів складаються білки та нуклеїнові кислоти?



Мал. 41.1. Експеримент Міллера — Юрі



Мал. 41.2. Гарячі прісні водойми



Мал. 41.3. Гідротермальні джерела на дні океану

Гіпотези виникнення життя на Землі

Існують чотири групи гіпотез, які пояснюють появу життя на Землі. Це креаціонізм, гіпотеза стаціонарного стану, гіпотеза панспермії та біогенезу (хімічної еволюції).

Згідно з концепцією **креаціонізму**, поява життя є наслідком надзвичайної божественної події.

Прихильники **гіпотези стаціонарного стану** вважають, що Земля є вічною. Вона існувала завжди, і так само завжди на ній існувало життя. Ця гіпотеза допускає вимирання видів, але вважає, що нові види не утворюються. А відсутність решток видів, що існують зараз, в осадових породах давніх епох пояснюється незначною чисельністю цих видів у ті епохи.

Гіпотеза панспермії стверджує, що життя у Всесвіті виникло один або кілька разів (як варіант — існувало вічно). Але на Землі воно не виникло, а було занесене за допомогою метеоритів чи інших космічних об'єктів або ж створене штучно.

Біогенні гіпотези виникнення життя

Найбільш обґрунтованими в наш час є гіпотези, які пояснюють виникнення життя шляхом хімічної еволюції з неорганічних речовин — **гіпотеза абіогенезу**. Однією з найдавніших серед них є теорія Опаріна — Холдейна, висунута ще на початку XX століття. У цій гіпотезі основна увага приділялася утворенню білків із простих органічних сполук. І дуже важливу роль відігравали коацервати (коацерватні краплі) — пухирці з ліпідів, які утворюються у воді. А про роль нуклеїнових кислот тоді ще не знали.

Значним кроком у розвитку гіпотез біогенезу стало проведення експерименту американськими науковцями. С. Міллер та Г. Юрі у герметичному скляному приладі відтворили умови, які були характерні для початкових часів існування планети (атмосфера з метаном, амоніаком і воднем, електричні розряди тощо) (мал. 41.1). І через кілька днів отримали амінокислоти, які виникли шляхом абіогенного синтезу.

Ідея світу молекул РНК

Тривалий час серед прибічників гіпотез абіогенезу точилися дискусії стосовно того, що з'явилося раніше: ДНК чи білок. ДНК зберігає спадкову інформацію, а білки є каталізаторами, без яких обмін речовин неможливий. Лише після відкриття рибозимів (молекул РНК, що діють як каталізатори реакцій) була висловлена ідея РНК-світу.

Згідно з цією ідеєю, спочатку сформувалася система самовідтворення молекул РНК, які могли бути і носіями спадкової інформації, і каталізаторами. А вже потім ця система



утворила симбіоз із біохімічними циклами синтезу білкових молекул, які виникли незалежно і в інших умовах. Це відбулося тому, що білки є кращими каталізаторами, а нуклеїнові кислоти краще зберігають спадкову інформацію. А вже потім до цієї системи долучилася ДНК, яка зберігає спадкову інформацію більш надійно, ніж РНК.

Не обходиться сучасна гіпотеза абіогенезу і без коацерватів. Згідно з теорією, саме вони стали основою для формування клітинних мембран.

Час і місце зародження життя

Більшість гіпотез абіогенезу вважають найвірогіднішим періодом зародження життя час від 4,1 до 3,7 млрд років тому. Щодо можливого місця, де зародилося життя, гіпотез існує чимало. Зрозуміло тільки, що життя зароджувалося в розчині. Але в якому? Відкритий океан чи море майже не мають шансів на це: достатньої концентрації необхідних речовин досягти в таких водоймах неможливо. Із запропонованих сучасними гіпотезами найбільш популярні варіанти такі:

- гарячі прісні водойми (мал. 41.2);
- гідротермальні джерела на дні океану (мал. 41.3);
- поверхня і порожнини кристалів піриту;
- глини.

У цих місцях органічні речовини абіогенного походження могли накопичуватися й утворювати розчини високих концентрацій.

Етапи виникнення життя

Сучасні гіпотези, розглядаючи етапи виникнення життя, виділяють кілька етапів виникнення життя, хоча деякі з них могли відбуватися паралельно:

- виникнення вуглеводних сполук та їхніх похідних;
- утворення поліароматичних вуглеводів;
- формування циклів реакцій, які здатні існувати тривалий час і які ґрунтуються на перетвореннях сполук із нуклеотидів або амінокислот;
- формування «РНК-світу»;
- використання білків як кращих каталізаторів реакцій у процесах відтворення РНК;
- поява ДНК як форми більш надійного збереження інформації з РНК;
- об'єднання на базі коацерватів біохімічних циклів за участю РНК і білків;
- формування клітинних форм життя.



Дізнайтеся більше

Останній універсальний спільний предок

Наприкінці XX століття вчені дійшли висновку про можливість існування одного спільного предка всіх нині існуючих клітинних організмів. Його назвали останнім універсальним спільним предком (англійською мовою *last universal common ancestor*, або скорочено *LUCA*).

Така гіпотеза виникла через те, що всі нині існуючі домени організмів (бактерії, архебактерії та еукаріоти) мають низку спільних властивостей. Це зберігання спадкової інформації в молекулах ДНК, наявність клітинної мембрани, синтез білка на рибосомах, існування процесів транскрипції, трансляції та реплікації, схожість основних біохімічних процесів тощо.

Уважають, що такий організм міг жити 3,6–4,1 млрд років тому. Але він точно не був єдиним організмом у ті часи. І до свого виникнення пройшов тривалий шлях еволюції з більш простих структур. До того ж, можливо, такого організму як окремого виду не існувало. А сучасні живі організми отримали свій генетичний спадок від усієї спільноти давніх організмів, які обмінювалися між собою спадковою інформацією шляхом горизонтального переносу генів.



Ключова ідея

Існує кілька гіпотез походження життя на Землі. Найбільш обґрунтованою наразі є гіпотеза абіогенезу, за якою первісні умови на нашій планеті забезпечили виникнення життя з неорганічних речовин шляхом хімічної еволюції.



Перевірте свої знання

1. Які існують гіпотези походження життя на Землі?
2. У чому полягає сутність гіпотези панспермії?
3. Який шлях походження життя пропонує гіпотеза абіогенезу?
4. У яких місцях могло виникнути життя?
- 5*. Складіть перелік переваг і недоліків гіпотези РНК-світу.

§ 42. Історичний розвиток життя



Поміркуйте

Які фактори могли впливати на розвиток життя на нашій планеті?



Згадайте

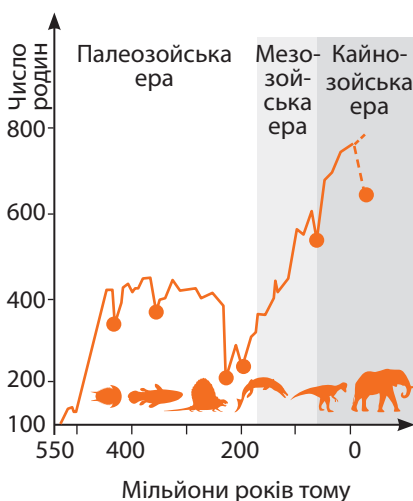
- Який вік найдавніших слідів життя на нашій планеті?
- Які живі організми мають найпростішу будову?

У підсумку життя, що виникло на Землі, змінило ті умови, які уможливили його появу.



Гра-сортування
«Геологічні епохи
і тваринний світ»

Гра-сортування
«Геологічні епохи
і рослинний світ»



Мал. 42.1. Зміна числа родин тварин протягом останніх 550 мільйонів років

Початкові етапи біологічної еволюції

Біологічна еволюція розпочалася з появи перших прокаріотичних клітин близько 3,5 млрд років тому. На наступному етапі (1,6–2,1 млрд років тому) виникли перші еукаріотичні клітини. А в період 0,5–1 млрд років тому — перші багатоклітинні організми. У процесі розвитку біосфери з'являлися нові форми організмів, виникали більш вигідні типи обміну речовин.

Перші організми були гетеротрофними анаеробами. Вони накопичували енергію, в основному, за рахунок гліколізу й бродіння. Пізніше з'явилися автотрофні організми, здатні самостійно синтезувати органічні речовини з неорганічних шляхом хемо- або фотосинтезу.

Близько 2–3 млрд років тому виникли організми з окисним фотосинтезом — як побічний продукт вони виділяли кисень. Ці живі істоти поступово змінили склад атмосфери. Кисень утворював озоновий екран, який захищав живі організми на Землі від ультрафіолетових сонячних і космічних променів. Ці умови спричинили можливий їхній вихід на сушу. Рештки відмерлих рослин і тварин стали матеріалом для ґрунтоутворення. Так організми почали свою величезну за масштабами геохімічну діяльність.

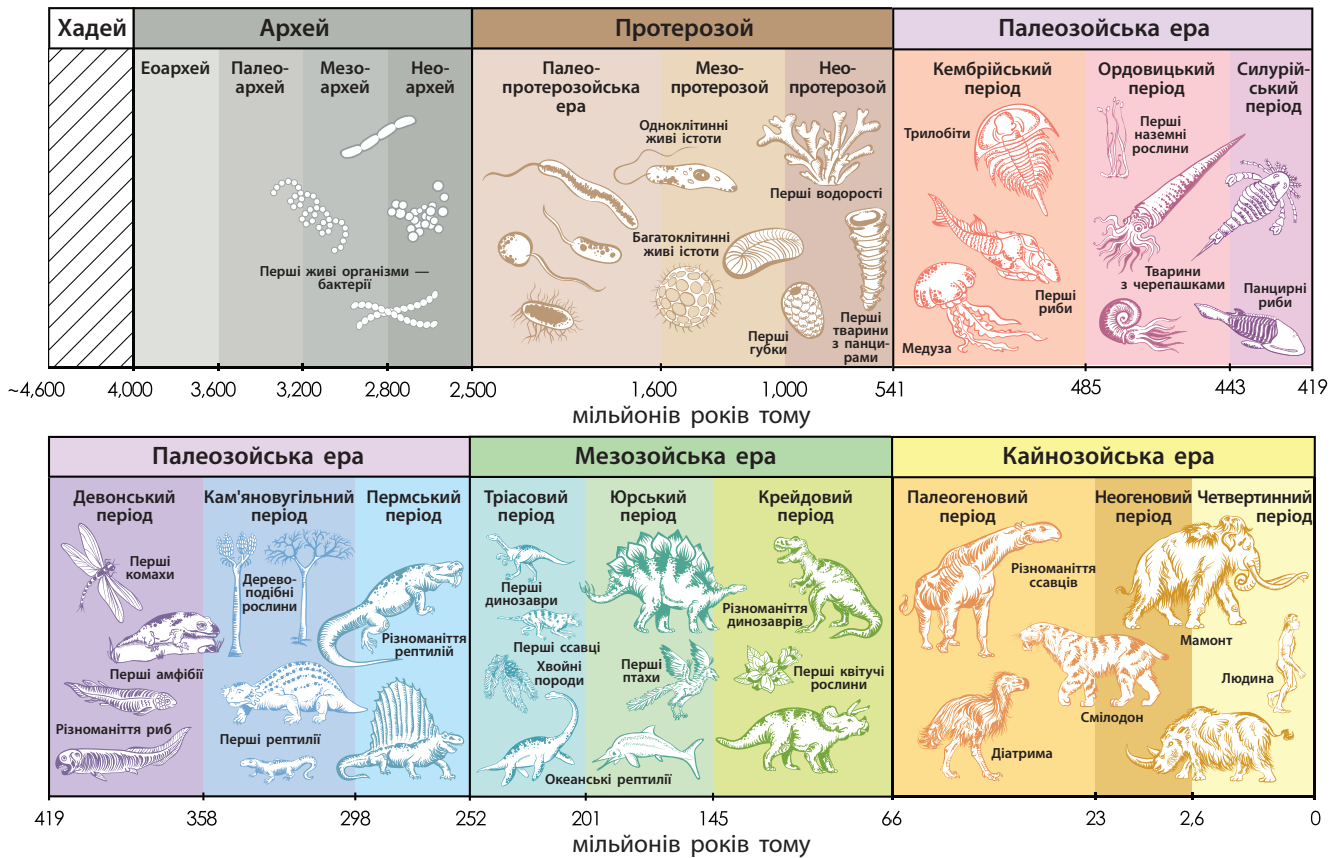
Основні етапи еволюційної історії

Геологічні дослідження нашої планети дозволяють розділити її історію на кілька великих частин, які назвали ерами (мал. 42.1). Кожна з ер поділяється на менші відрізки — періоди. Усього нараховують п'ять ер: архейську, протерозойську, палеозойську, мезозойську і кайнозойську. Усі ці частини разом складають так звану геохронологічну шкалу (мал. 42.2).

Архейська ера (3,4 — 2,5 млрд років тому). Виникли перші прокаріотичні клітини. З'явилися ціанобактерії, виник фотосинтез.

Протерозойська ера (2,5 — 0,54 млрд років тому). Виникли аеробні прокаріоти, з'явилися перші одноклітинні еукаріоти, а пізніше виникають і багатоклітинні еукаріоти. Саме в цей період завдяки фотосинтетичній діяльності ціанобактерій відбулася зміна відновної атмосфери нашої планети на кисневу. Поява кисневої атмосфери стає причиною кількох глобальних зледенінь та масових вимирань, зокрема вимирання однієї з ранніх груп багатоклітинних організмів (франсвільська біота). Наприкінці ери (едіакарський період) виникає група вендобіонтів — дуже специфічних за будовою багатоклітинних організмів, які вимирають на початку наступної ери.

Палеозойська ера (540 — 230 млн років тому). У першій половині ери значно поширилися водорості, з'явилися



Мал. 42.2. Геохронологічна шкала

всі типи безхребетних. Відбулося поширення губок, кишковопорожнинних, червів, голкошкірих, трилобітів, з'явилися перші хребетні. Наприкінці першої половини ери рослини виходять на суходіл, і з'являються перші наземні безхребетні (скорпіони, багатоніжки, комахи). У другій половині палеозою з'являються вищі наземні спорові рослини та перші наземні хребетні. Формуються ліси. У кам'яновугільному періоді рівень кисню в атмосфері суттєво зростає. Наприкінці палеозойської ери всі материки з'єднуються, утворюючи гігантський суперматерик Пангею. Ера закінчується найбільшим в історії планети вимиранням (пермсько-тріасове вимирання).

Ключова ідея

Розвиток життя на Землі триває понад 3,5 млрд років. За цей час мали місце кілька кризових ситуацій, наслідком яких ставали масові вимирання організмів. Загальною тенденцією розвитку життя було ускладнення в процесі еволюції будови організмів і структури екосистем.

Мезозойська ера (230 — 67 млн років тому). Переважають голонасінні рослини, у другій половині ери з'являються квіткові рослини. Домінують земноводні, головоногі молюски, плазуни. З'явилися костисті риби, яйцекладні й сумчасті ссавці та птахи. Материки розходяться. Наприкінці ери — друге за масштабами після пермсько-тріасового крейдяно-палеогенове вимирання. Вимирає багато груп організмів (зокрема, й динозаври).

Кайнозойська ера (67 млн років тому — наш час). Материки розходяться на максимально можливу відстань один від одного. Поширюються квіткові рослини, ссавці, птахи і лускаті плазуни. Формується сучасна флора і фауна. Виникає рід Людина.

Перевірте свої знання

1. На які ери поділяють геологічну історію нашої планети?
2. Які наслідки для атмосфери мала діяльність ціанобактерій?
3. Коли виникли перші наземні хребетні?
4. Коли з'явилися перші організми, здатні до активного польоту?
- 5*. Як на розвиток організмів впливали екологічні фактори?



§ 43. Еволюція людини. Основні етапи



Поміркуйте

Які переваги дає хребетним тваринам можливість жити на деревах?



Згадайте

- Якими є характерні ознаки представників ссавців?
- Коли виникли ссавці?



Мал. 43.1. Череп та реконструкція сахельантропа



Мал. 43.2. Реконструкція ардипітека

Людина — представник приматів. Найближчі родичі

Людина належить до родини Гомініди (*Hominidae*) ряду Примати класу Ссавці. Примати з'явилися в Африці ще за часів динозаврів і поширилися на інших континентах.

Формування людини в процесі еволюції під впливом біологічних і соціальних чинників називають **антропогенезом**.

Із сучасних приматів найближчими родичами людини є представники людиноподібних мавп шимпанзе й горили. Їхній останній спільний предок накаліпитек жив у Африці 9,9–9,8 млн років тому.

Із предками шимпанзе предки людини розійшлися ще пізніше — від 8 до 5 млн років тому. Інші людиноподібні мавпи орангутани живуть в Азії та є більш віддаленими родичами людини.

До цієї еволюційної лінії належать такі вимерлі види, як рамапитек і гігантопитек.

Ранні представники родини Люди

Сучасна людина (*Homo sapiens L.*) є представником окремої підродини Люди (*Hominidae*).

Еволюція цієї підродини наразі вивчена дуже добре. До неї відносять 7 родів і близько 30 видів. Окрім сучасної людини, усі вони є вимерлими.

Найдавнішим представником підродини є сахельантроп, який жив приблизно 6–7 млн років тому (мал. 43.1). Не надто від нього відрізнялися оморин і ардипітек (мал. 43.2), які жили 4–6 млн років тому. Усі ранні представники родини жили лише на території Африки — переважно на межі лісу й савани, хоча більшу частину часу проводили в лісі й добре лазили по деревах. Проте в них уже існували певні адаптації до прямоходіння. Їх можна вважати першим етапом еволюції людини.

Австралопітеки та їхні нащадки

Австралопітеки є наступним етапом еволюції людини (мал. 43.3). Вони вже добре пристосовані до життя в савані й прямоходіння, але на деревах бувають іще досить часто. Жили вони 4–2,5 млн років тому в Африці.

Здатність пересуватися у вертикальному положенні виявилася надзвичайно вдалим пристосуванням до життя в савані. Це полегшувало орієнтування, дозволяло переносити дитинчат і їжу та вивільняло передні кінцівки для використання палок і каменів як знарядь для захисту від хижаків. Тому за порівняно короткий час (приблизно 300 тис. років) будова нижніх кінцівок змінилася, що дозволило австралопітекам успішно перейти до життя на просторах саван.



Від австралопітеків відходять дві еволюційні лінії. Представники першої спеціалізувалися на споживанні рослинної їжі та збільшенні розмірів тіла. У результаті виникли парантропи (жили 2,5–0,9 млн років тому). Однак перехід на вегетаріанське харчування призвів до конкуренції парантропів із представниками копитних. Витримати цю конкуренцію вони не змогли, через що й вимерли.

Представники другої еволюційної лінії залишилися всеїдними і збільшили споживання м'яса. Ця лінія зумовила появу перших представників роду Людина (*Homo*).

Рід Людина

Рід Людина сформувався приблизно 2,4 млн років тому в Африці. До його ранніх представників належать, наприклад, Людина вміла (*Homo habilis*) і Людина працююча (*Homo ergaster*).

Людина вміла першою почала виготовляти кам'яні знаряддя. Нащадок перших людей — Людина прямоходяча (*Homo erectus*) — уже жив не лише в Африці, але й в Азії та на півдні Європи (мал. 43.4).

Гейдельберзька людина (*Homo heidelbergensis*), яка змінила Людину прямоходячу, теж мешкала в Африці, а ще в Європі та Азії.

А от далі шляхи її різних популяцій розійшлися. Європейські популяції стали предками неандертальців (мал. 43.5), азійські — денисівців, а африканські еволюціонували до Людини розумної (*Homo sapiens*).

Приблизно 70–80 тис. років тому наші предки вийшли з Африки й поступово заселили всі континенти. Інші види цього роду вимерли. Але наші предки як мінімум кілька разів із ними схрещувалися, і невелика кількість їхніх генів залишилася в нас.

Однією з цікавих гіпотез, яка пояснює зовнішній вигляд сучасної людини, є гіпотеза зайняття нашими предками екологічної ніші «полуденного хижака». В умовах африканської савани період часу всередині дня є періодом зниженої активності більшості мешканців савани через сильну жару і ризик перегріву у випадку активних рухів. Утрата волоссяного покриву на тілі та сильний розвиток потових залоз дозволили предкам людини ефективно запобігати перегріву в найбільш жаркий період доби, а наявність густого волосся на голові вберігала від перегріву мозок. Це дозволило різко підвищити ефективність полювання, бо через ризик перегріву їхні жертви не могли довго втікати, а хижаки — нападати.



Мал. 43.3. Австралопітек



Мал. 43.4. Людина прямоходяча



Мал. 43.5. Неандерталець



Ключова ідея

Людина є представником ряду Примати. Родина Люди виникла на території Африки приблизно 7 млн років тому. Близько 2,5 млн років тому сформувався рід Людина, представники якого почали виготовляти складні знаряддя праці.



Перевірте свої знання

1. Які із сучасних видів мавп є найближчими родичами людини? **2.** Коли й де жили перші представники родини Люди? **3.** Які особливості притаманні австралопітекам? **4.** Де сформувався вид Людина розумна? **5.** Порівняйте представників роду Людина й австралопітеків.



§ 44. Еволюція людини. Механізми антропогенезу



Поміркуйте

Які фактори могли впливати на еволюцію людини?



Згадайте

- Які характерні ознаки мають представники ряду Примати?
- Чим людина відрізняється від інших приматів?



а

б

Мал. 44.1. Неандерталець (а), Сapiєнс (б)

На еволюцію людини суттєво вплинула поява домашніх тварин. Вони стали потужним джерелом нових вірусних і бактеріальних захворювань, збудники яких переходили від них на нового хазяїна — людину. Це сприяло еволюції імунної системи.

Уплив природних факторів на еволюцію людини

Природні фактори надзвичайно впливали на еволюцію людини. Ще під час життя в лісі в наших предків удосконалився колірний зір, оскільки завдяки йому легше було знаходити стиглі фрукти. Тому в структурі наших очей зараз є три типи колбочок (сприймають синій, червоний і зелений кольори), а в більшості мавп їх два (сприймають синій і червоний).

Сам вихід наших предків у савану був вимушеним: через настання зледеніння площі лісів у світі значно зменшилися, бо волога з атмосфери витрачалася на формування льодовиків.

Існування в умовах савани зумовило вдосконалення прямоходіння, утрату волосся на тілі для запобігання перегріванню й закріплення всеїдності.

Еволюція певних ознак під впливом природних факторів

Дія природних факторів сприяла поширенню в популяціях предків людини певних ознак, які могли бути різними в різних регіонах. Цікаво змінювався, наприклад, колір шкіри людини (мал. 44.1). У наших предків, які жили в лісі і мали добре розвинений шерстяний покрив, шкіра під ним була скоріш за все білою (як у сучасних шимпанзе).

Але після переселення в савану і втрати шерстяного покриву колір шкіри змінюється на темний. Це пов'язано з високим ризиком розвитку раку шкіри у світлошкірих особин, котрі мешкають у тропічних регіонах. Тривалий час, навіть після розселення з Африки, колір шкіри в людей залишався темним. І тільки відносно недавно (10 — 20 тисяч років тому) людська шкіра в деяких популяціях почала світлішати. Це пов'язано з тим, що світла шкіра в мешканців північних регіонів краще синтезує вітамін D, що попереджує розвиток рахіту.

«Подарунок» від домашніх тварин — здатність споживати молоко в дорослому віці. У предків людини ферменти, потрібні для його переробки, у дорослому віці не працювали. Але кілька тисяч років тому на території Скандинавії виникла мутація, яка блокувала «відключення» потрібного ферменту. Люди з такою мутацією мали більше шансів вижити в періоди голоду за рахунок споживання молока. Тому ця мутація швидко поширилася в популяції жителів Європи.

Уплив соціальних факторів на еволюцію людини

Дуже важливими для еволюції людини стали соціальні фактори. Одинокий примат у савані — це жертва. А от група приматів має непогані шанси на виживання. Тому всі



Мал. 44.2. Зграя павіанів



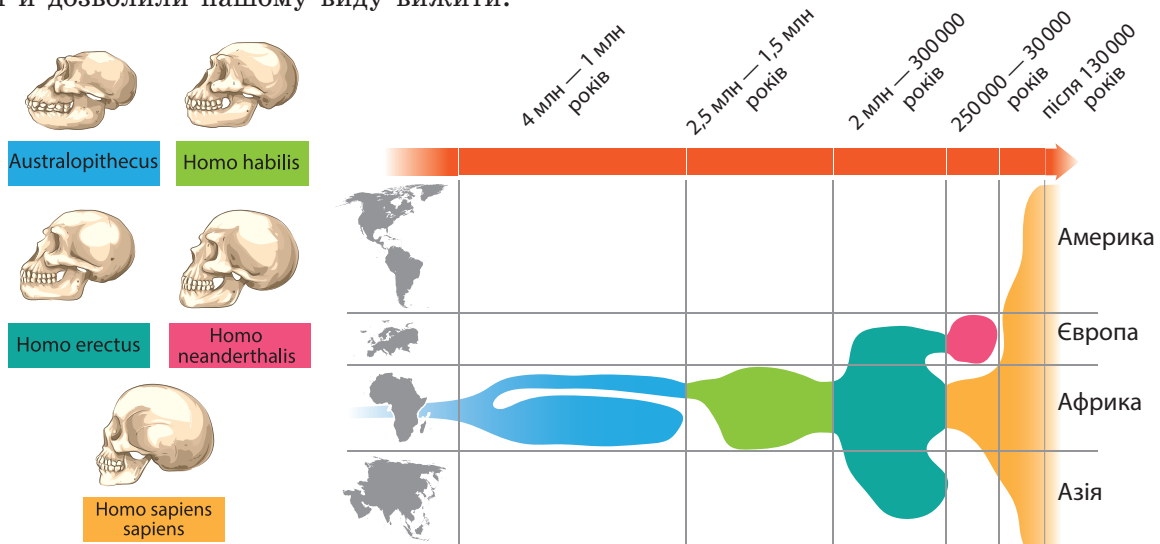
Мал. 44.3. Ікла павіана

примати, які перейшли до життя в савані, живуть лише у відносно великих групах. Їхня соціальність посилилася.

Та форми соціальності в різних приматів відрізняються. У павіанів зграя — дуже жорстка структура з чіткою ієрархією (мал. 44.2). А от наші предки такої строгої системи не мали. Відносини в них були більш мирними, а ієрархія не такою жорсткою. Це добре видно з розвитку їхніх ікол. У всіх приматів з високою агресивністю ікла розвинені чудово (мал. 44.3). У людини вони найменші. Основою еволюційного успіху нашого виду явно була не агресія.

Після виходу з території Африки (мал. 44.4) значення соціальних факторів зросло ще більше. Успіх виду визначали вміння передавати досвід, навчати й навчатися, взаємодіяти в складних ситуаціях, розвиток мовлення. Саме вони й дозволили нашому виду вижити.

Анімація
«Інтерактивна
карта розселення»



Мал. 44.4. Поширення предків людини по різних континентах



Ключова ідея

На еволюцію людини суттєво впливали як природні, так і соціальні фактори. Дія природних факторів сприяла поширенню в популяціях предків людини певних ознак, які могли бути різними в різних регіонах, наприклад, таких, як колір шкіри чи здатність споживати молоко в дорослому віці. Суттєво вплинула на еволюцію людини поява домашніх тварин.



Перевірте свої знання

1. Які природні фактори могли діяти на еволюцію людини? **2.** Які соціальні фактори могли діяти на еволюцію людини? **3.** Чому група приматів у савані має більше шансів для виживання, ніж поодинокий примат? **4.** Як на еволюцію людини вплинула поява домашніх тварин? **5*.** Чи триває еволюція людини зараз? Обґрунтуйте свою точку зору.

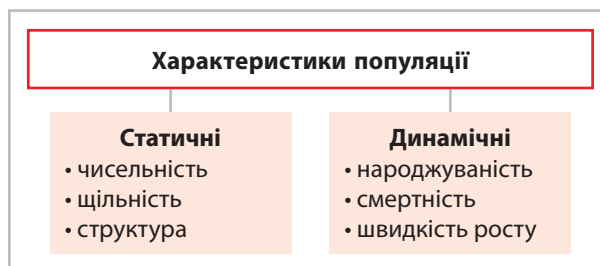
Узагальнення знань за темою «Закономірності успадкування ознак»

Історичні етапи розвитку еволюційних уявлень

Період	Хто працював у цей період	Події в науці
Давні часи — епоха Середньовіччя	Демокріт, Геракліт, Лукрецій	Поява ідей про мінливість навколишнього світу та еволюційних процесів
1500–1800 рр.	К. Лінней, К. Вольф, П. Паллас, Ж. Бюффон	Усі вчені дотримуються ідеї креаціонізму: усі живі організми створені вищими силами. Але одні з них вважають, що організми відразу з'явилися такими, як вони є. Інші припускають, що організми змінюються з плином часу. З'являється перша еволюційна гіпотеза
1800–1858 рр.	Ж.-Б. Ламарк, Ж. Кюв'є, Е. Дарвін, Ж. Сент-Ілер	Створення перших наукових еволюційних теорій. Активні дискусії креаціоністів та еволюціоністів
1859–1940 рр.	Ч. Дарвін, А. Воллес, Т. Гекслі, Г. Мендель, Г. де Фріз, М. Вавилов, Н. Стівенс	Період становлення і розвитку дарвінізму. Еволюція, за Дарвіном, полягає в безперервних пристосувальних змінах видів. Вона відбувається на основі спадкової мінливості за допомогою природного добору
1940 — наш час	С. Четверіков, Ф. Добжанський, Дж. Холдейн, М. Тимофеев-Ресовський, Р. Фішер, Дж. Гулд, Б. Мак-Клімток	Створення й розвиток синтетичної теорії еволюції, яка об'єднує ідеї дарвінізму та генетики і спирається на досягнення молекулярної біології, екології, систематики, палеонтології. Згідно з цією теорією, рушійною силою еволюції є природний добір мутацій і рекомбінацій генів, який відбувається на рівні популяцій

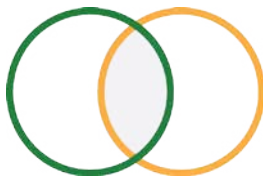
Еволюційні фактори

Фактор	Опис фактора
Мутації (мутаційний процес)	Природний процес зміни спадкової інформації в організмі внаслідок дії якогось мутагенного фактора або спонтанно
Дрейф генів	Зміна частоти алелів певних генів через випадкові процеси, наприклад, виверження вулкана, повінь або потрапляння невеликої групи особин на нову територію (ефект засновника)
Ізоляція	Розділення популяцій одного виду через виникнення між ними якихось бар'єрів. Бар'єри можуть бути фізичними (утворення гірського хребта, ріки або проливу між островом та материком), екологічні (спеціалізація груп особин у популяції за типом живлення або місцем розмноження) тощо
Міграція	Переміщення особин з однієї популяції в іншу або на нові території
Природний добір	Вживання більш пристосованих до певних умов існування особин у популяції



Компетентнісно орієнтовані завдання

1 За допомогою діаграми Венна встановіть відмінні та спільні ознаки понять «еволюція» та «революція». З'ясуйте, які основні ознаки біологічної еволюції.



2 Застосувавши метод кроссенсу, установіть взаємозалежність і з'ясуйте, які сліди еволюції наявні у вашому організмі.

1 ряд: тваринна клітина, немовля, риба

2 ряд: дерево з плодами, вітрувіанська людина, портрет Ч. Дарвіна

3 ряд: книжки, мозок, мавпи

3 Прочитайте уривок із твору «Храм природи» Еразма Дарвіна. Поміркуйте, що мав на увазі дід Чарльза Дарвіна у своїх рядках.

*Змиряся ж в гордині пихатій
І зрозумій, живими є тварини і птахи,
Та закарбуй навечно ти у пам'яті,
Черви — то родичі, братами є мурахи!*

4 Творча робота

Створіть ментальну карту (мапу думок) методів доказів еволюції живих організмів. Поясніть на конкретному прикладі. Порівняйте свою ментальну карту з мапами однокласників та однокласниць.

5 Визначте, у які геологічні епохи жили ці тварини. Трицератопс, Гліптодонт, Смілодон, Аномалокаріч, Археоптерікс, Фороракос, Галюцигенія, Мамонт, Тиранозавр, Трилобіт.

6 Виберіть будь-яку тварину або рослину і спробуйте скласти можливу схему еволюційного розвитку її предків від одноклітинного організму до того виду, до якого вона належить.

7 За допомогою діаграми Венна встановіть відмінні та спільні ознаки будови тіла людини розумної та людини неандертальської. З'ясуйте, що спричинило такі відмінності між цими видами.

8 За допомогою методу Fishbone охарактеризуйте особливості виду Homo sapiens. Обговоріть результати роботи в парі і групі.

9 Створіть таблицю «Стадії антропогенезу».

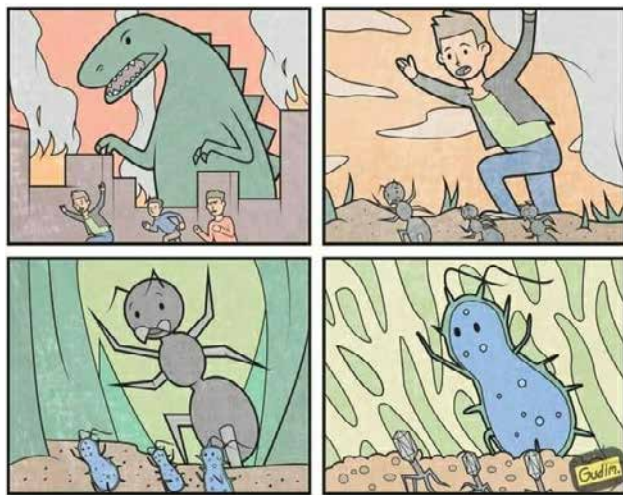
№ з/п	Стадії антропогенезу	Представники	Характерні риси
-------	----------------------	--------------	-----------------

10 Англійський науковець, основоположник еволюційної теорії Чарльз Дарвін неодноразово наголошував про незворотність еволюції: «Вид, який щезнув, ніколи не може з'явитися знову, навіть якщо знову повторилися абсолютно тотожні умови життя — органічні й неорганічні».

Поясніть, що мав на увазі науковець. Чи згодні ви з ним?

11 Дайте відповідь на запитання «Чому ми стали саме такими?», використавши «Алгоритм Цицерона»: Що? Де? Чим? Як? Чому? Навіщо?

12 Роздивіться мем «Біологічна еволюція». З'ясуйте, якими є світоглядні та наукові погляди на походження життя. Створіть свій мем біологічної еволюції.



13 24 листопада 1859 року Чарльз Дарвін опублікував свою книгу «Походження видів шляхом природного відбору або збереження обраних порід у боротьбі за життя». Перше видання книги розійшлося за один день. Але варто зазначити, що книга б не з'явилася без навколосвітньої подорожі Дарвіна на кораблі «Бігль».

Знайдіть в інтернеті карту мандрівок Дарвіна, розгляньте її й назвіть географічне розташування найбільших островів, на яких побував Дарвін.



Тестові завдання за темою «Збереження та реалізація спадкової інформації»

Тема 7. Біорізноманіття

§ 45. Основи еволюційної філогенії та систематики



? Поміркуйте

За якими ознаками організм можна віднести до царства Тварини?

← Згадайте

- 3 якими систематичними категоріями ви ознайомилися, коли вивчали рослин?
- 3 якими систематичними категоріями ви ознайомилися, коли вивчали тварин?

Біологічна систематика

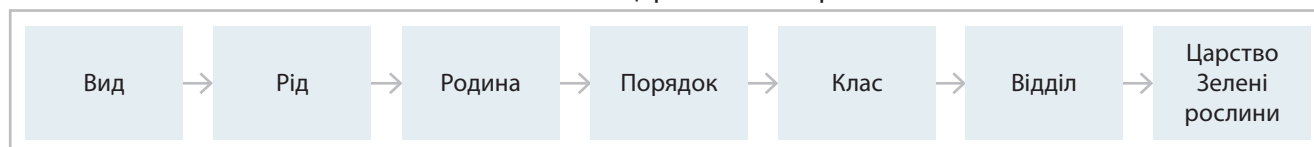
Біологічна систематика — це розділ біології, який формує єдину систему живого світу на основі виділення біологічних таксонів (систематичних одиниць) і відповідних назв, наданих за певними правилами (біологічної номенклатури). Відповідно, біологічна систематика поділяється на два основні розділи: таксономію та біологічну номенклатуру.

Таксономія займається розробкою правил групування живих організмів. Це дуже складна проблема, бо часто не зовсім зрозуміло, на основі яких ознак слід об'єднувати організми у групи. Так, у давнину всіх черв'яків об'єднували в один тип. Але сучасні дослідження показали, що різні групи черв'яків мають різне походження і не є близькими родичами. І навпаки, ряди Китоподібні та Парнокопитні довелося об'єднати в один новий ряд — Китопарнокопитні. Біологічна номенклатура розробляє правила найменування живих організмів, створює спеціальні міжнародні кодекси, які регулюють спірні питання, вирішує проблеми синонімів (коли один вид випадково отримує кілька назв) тощо.

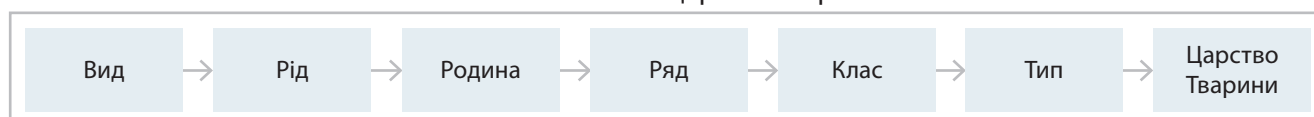
Сучасна наукова класифікація повинна відображати еволюційні зв'язки між живими організмами та вказувати на рівень їхньої спорідненості. Крім того, вона має бути зручною для використання і дозволяти легко включати нові, нещодавно відкриті, види.

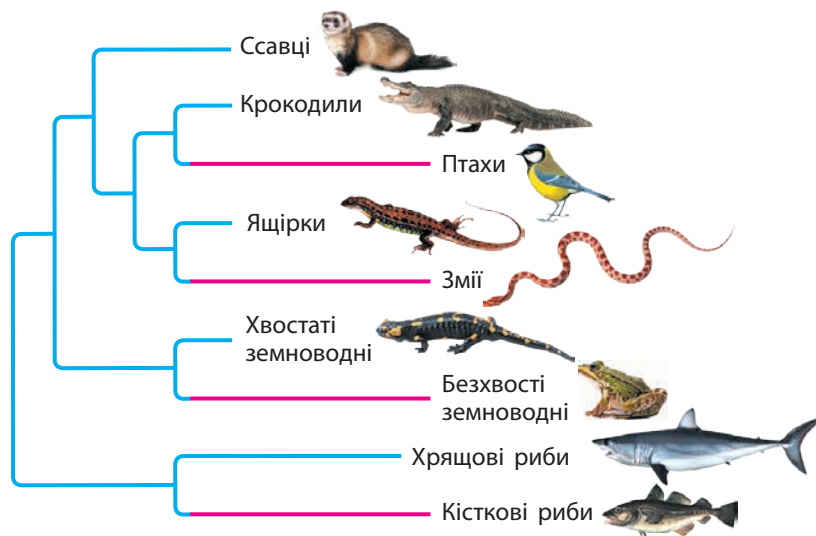
Основні систематичні категорії ввів у науку шведський науковець Карл Лінней. Основною систематичною категорією є вид. Видова назва складається з двох латинських слів, перше з яких є назвою роду, а друге — видовим епітетом. Споріднені види об'єднуються в більш високі таксономічні категорії — роди, роди — у родини, а ті — в іще вищі категорії.

Основні таксони царства Зелені рослини



Основні таксони царства Тварини





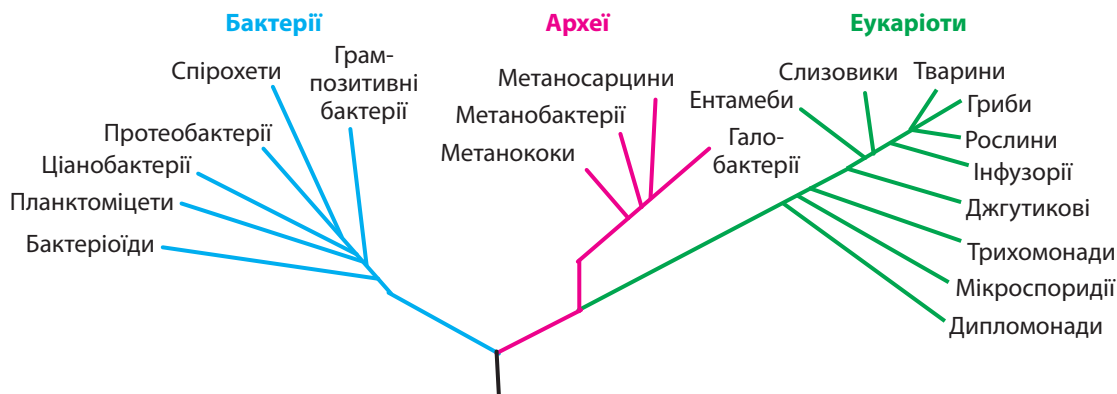
Мал. 45.1. Філогенія хребетних

Філогенія

Філогенія (мал. 45.1) — це наука, яка вивчає історичний процес розвитку органічного світу (філогенез). Для дослідження філогенезу сучасна біологія широко використовує новітні технології. Особливо ефективними є методи з галузі молекулярної біології та генетики й мікроскопічних досліджень. Також широко використовують математичне

моделювання й побудову філогенетичних дерев (мал. 45.2).

Філогенетичне дерево — це схема, яка відображає еволюційні зв'язки між таксонами, для яких воно будується. Філогенетичні дерева можуть будуватися не лише для таксонів живих організмів. Їх можна створювати, наприклад, для певних біополімерів — таких, як білки або нуклеїнові кислоти.



Мал. 45.2. Приклад філогенетичного дерева



Ключова ідея

Біологічна систематика — це розділ біології, який формує єдину систему живого світу на основі виділення біологічних таксонів. Основні систематичні категорії ввів у науку шведський науковець Карл Лінней.



Перевірте свої знання

1. Що таке систематика? **2.** Який науковець увів основні систематичні категорії? **3.** Чим відрізняються систематичні категорії в царствах Тварини й Рослини? **4.** Що таке філогенія? **5***. Чи можна отримати результати, корисні для боротьби з вірусом грипу, аналізуючи його філогенетичне дерево? **6***. Використовуючи додаткові матеріали з інтернету та біологічної літератури, складіть філогенетичне дерево для будь-якої групи організмів. Зробіть виставку своїх досліджень.

§ 46. Основні групи організмів. Макросистема органічного світу

Поміркуйте

Які спільні риси є у грибів та тварин?

Згадайте

Які риси є характерними для бактерій?

Яких представників грибів ви знаєте?

Система трьох доменів

1990 року Карл Воуз, спираючись на аналіз послідовності нуклеотидів рРНК та деякі інші молекулярні характеристики, запропонував новий варіант систематики живих організмів. Згідно з ним, організми поділялися на великі систематичні групи — домени. **Домен** — це таксон найвищого рангу, який охоплює кілька царств живих організмів.

Клітинні форми життя поділили на три домени: Бактерії, Архебактерії та Еукаріоти. Віруси виділили як окремий таксон *Vira*, який об'єднує неклітинні форми життя й за рангом відповідає домену. Така класифікація найбільш точно відбиває сучасні уявлення про виникнення й еволюцію основних груп живих організмів.

Особливості основних груп живих організмів

Для порівняння основних груп живих організмів використовують такі характеристики, як наявність клітинної будови, особливості організації генетичного матеріалу, наявність ядра й мембранних органел у клітині, наявність і розвиток цитоскелета.

Порівняльна характеристика основних груп живих організмів

Група	Які організми включає	Особливості будови й життєдіяльності
Таксон <i>Vira</i>	Віруси	Неклітинна форма життя. Можуть розмножуватися лише в клітинах інших організмів. Містять у своєму складі тільки одну нуклеїнову кислоту — або РНК, або ДНК
Домен Бактерії	Бактерії, ціанобактерії	Клітинні організми. У клітинах немає ядра й мембранних органел. Відрізняються значною різноманітністю біохімічних процесів у клітинах. Генетичний матеріал зазвичай представлений великою кільцевою молекулою ДНК (бактеріальною хромосомою). Можуть мати плазмід. Гени не містять інтронів
Домен Археї	Архебактерії	Клітинні організми. Суттєво відрізняються від інших доменів за складом ліпідів та білків. У клітинах немає ядра й мембранних органел. Генетичний матеріал зазвичай представлений

		великою кільцевою або лінійною молекулою ДНК (бактеріальною хромосомою). Можуть мати плазмиди. Частина генів містять інтрони
Домен Еукаріоти	Рослини, тварини, гриби, одноклітинні еукаріотичні організми	Клітинні організми. У клітинах є ядра та інші мембранні органели й цитоскелет. Генетичний матеріал міститься у хромосомах і має вигляд лінійних молекул ДНК. У мітохондріях і пластидах присутні невеликі молекули кільцевої ДНК. Гени містять інтрони

Макросистематика

Макросистематикою називають розділ систематики живих організмів, який працює із систематичними категоріями найвищих рангів — доменами, субдоменами, групами царств, царствами тощо. Останнім часом у цій галузі було зроблено чимало відкриттів. Це пов'язано із застосуванням новітніх методів аналізу, насамперед молекулярно-генетичних. Зараз уже відома послідовність нуклеотидів ДНК для багатьох важливих генів сотень організмів. А геноми кількох представників основних систематичних груп розшифровані повністю. Це дозволяє ефективно порівнювати організми між собою, установлюючи їхні родинні зв'язки. Завдяки таким технологіям було поставлено питання про об'єднання архей та еукаріотів в один домен. Зараз воно активно обговорюється.

Ключова ідея

Згідно із сучасною класифікацією, клітинні форми життя поділяють на три домени: Бактерії, Архебактерії та Еукаріоти. Віруси виділяють як окремий таксон *Vira*, який об'єднує неклітинні форми життя й за рангом відповідає домену.

Перевірте свої знання

1. Що таке домен? 2. Які домени живих організмів виділяє наукова спільнота? 3. Які особливості притаманні вірусам? 4. Яке значення в житті людини мають представники бактерій і вірусів? 5. Порівняйте домени Бактерії та Археї. 6*. Використовуючи додаткові матеріали з інтернету та біологічної літератури, підготуйте повідомлення про представників архебактерій.

§ 47. Основні еукаріотичні таксони

Поміркуйте

Чому еукаріотичні організми є такими різноманітними?

Згадайте

Яких представників одноклітинних еукаріотів ви знаєте?

Яких представників багатоклітинних еукаріотів ви знаєте?

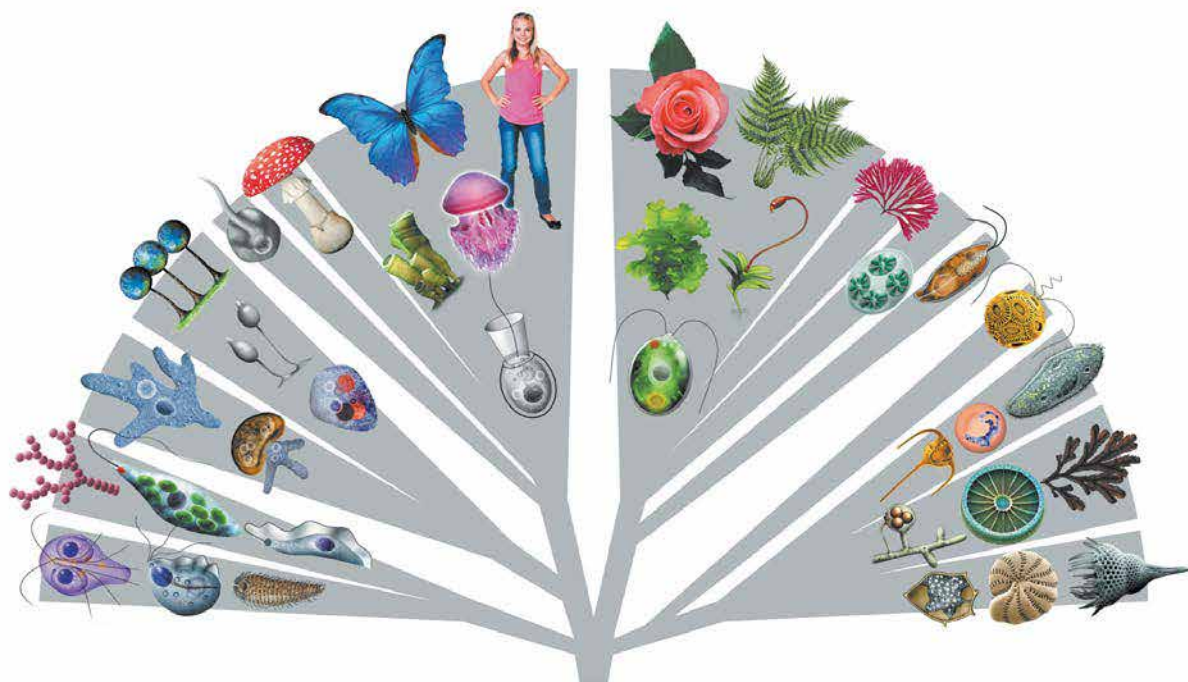
Система еукаріотів

Еукаріоти є найбільшим за кількістю видів доменом клітинних організмів. Їхня систематика досі є предметом дискусій. Деякі дослідники й дослідниці пропонують виділяти серед еукаріотів до 20 царств. Наприклад, одні вчені об'єднують усіх найпростіших в одну групу. У цьому випадку амеби, інфузорії та евглени вважаються представниками одного царства Протисти. А інші вчені поділяють найпростіших на кілька груп. У цьому випадку амеби, інфузорії та евглени будуть представниками різних царств. Пов'язано це з особливостями походження еукаріотів.

У процесі еволюції вони неодноразово включали у свої клітини внутрішньоклітинних симбіонтів. Ці симбіонти і стали такими органелами, як мітохондрії та пластиди. А пластидами могли ставати не лише різні ціанобактерії, але й різноманітні еукаріотичні водорості. Тому часто досить важко визначитися із систематичною приналежністю деяких груп еукаріотів.

Поділ еукаріотів на субдомени

Нові технології досліджень, які з'являлися в другій половині XX ст., сприяли виділенню набагато більшого числа царств у межах групи еукаріотів. Така система найточніше відображає еволюційні зв'язки між окремими групами еукаріотів. Найбільший внесок у створення нової системи зробила група науковців під керівництвом Сайни Едла. Згідно з новою системою, домен Еукаріоти поділяється на три частини: субдомени, які, своєю чергою, діляться на кілька груп (надцарств). А вже надцарства поділяють на окремі царства живих організмів. Трьома субдоменами еукаріотів є Екскавати, Діафоретики та Аморфеї. Екскавати є винятково одноклітинними організмами, а серед діафоретиків та аморфеїв трапляються як одноклітинні, так і багатоклітинні форми.



Сучасна класифікація еукаріотів

Екскавати

Екскавати — найдавніша група еукаріотів. До них належать лише одноклітинні організми. Вони можуть бути вільноживучими, вести паразитичний спосіб життя або ставати симбіонтами багатоклітинних організмів. До цієї групи належать збудники захворювань, небезпечних для людини. Це, наприклад, трихомонада (збудник трихомонозу), трипаносома (збудник сонної хвороби) і лейшманія (збудник лейшманіозу). Також до екскаватів належать еуглени, типовим представником яких є еуглена зелена, і гіпермастигінні (наприклад, трихонімба) — одноклітинні організми з великою кількістю джгутиків. Гіпермастигінні є симбіонтами, які живуть у кишечниках термітів і тарганів.

Аморфеї

Аморфеї є найбільшою за кількістю видів групою еукаріотів. До складу цього субдомену входить кілька надцарств, найбільш значними з яких є Амебозої та Опістоконти. Амебозої представлено переважно одноклітинними формами. Але є серед них і колоніальні організми. А справжні слизовики здатні утворювати багатоклітинний плазмодій. Представники амебозоїв — різноманітні амеби та справжні слизовики. Опістоконти можуть бути одноклітинними, колоніальними або багатоклітинними організмами. До цієї групи належать царства Справжні гриби та Справжні тварини. Справжніми грибами є представники таких груп,

як Базидіоміцети (зокрема, шапинкові гриби), Аскоміцети (трюфель, пеніцил тощо) та інші.

Царство Справжні тварини об'єднує всіх багатоклітинних тварин (це окреме підцарство), їх безпосередніх предків (хоанофлагелят) та їхніх близьких родичів.

Діафоретики

Діафоретики — дуже різноманітна за складом група еукаріотів. До цього субдомену відносять кілька надцарств, найбільш значними з яких є Архепластиди та SAR. Архепластиди об'єднують фотосинтезуючих еукаріотів, пластиди яких виникли в результаті симбіозу із ціанобактеріями. Серед них є одноклітинні, колоніальні й багатоклітинні організми. Найбільш відомими представниками цієї групи є царство Червоні водорості й царство Зелені рослини. До царства Зелені рослини відносять кілька груп, насамперед зелені водорості та всі судинні наземні рослини (як спорові, так і насінні). Назва надцарства SAR утворена за першими літерами назв трьох царств, які входять до його складу (*Stramenopiles*, *Alveolata*, *Rhizaria*). Серед них є одноклітинні, колоніальні й багатоклітинні організми. Багато представників цього надцарства, як і архепластиди, — фотосинтезуючі еукаріоти. Але їхні хлоропласти утворилися завдяки симбіозу з іншими еукаріотами (частіше за все з представниками червоних або зелених водоростей). Найбільш відомими автотрофними представниками SAR є бурі, діатомові та золотисті водорості. Серед представників SAR трапляються і гетеротрофні групи. До таких належать форамініфери, радіолярії, несправжні слизовики, інфузорії, споровики (зокрема збудник малярії) тощо.

Ключова ідея

Еукаріоти є найбільшим за кількістю видів доменом клітинних організмів. У процесі еволюції вони неодноразово включали у свої клітини внутрішньоклітинних симбіонтів. Ці симбіонти і стали такими органелами, як мітохондрії та пластиди.

Перевірте свої знання

1. Хто такі еукаріоти? 2. Які групи еукаріотів ви знаєте? 3. Які особливості притаманні тваринам? 4. Порівняйте між собою гриби й рослини. 5*. Яке значення для людини мають представники домену Еукаріоти? 6*. Чому систематика еукаріотів викликає багато суперечок між ученими?

§ 48. Поняття про вид. Концепції виду

Поміркуйте

Чи може вид бути незмінним мільйони років?

Згадайте

Що таке природний добір?

Які існують фактори еволюції?

Поняття про вид

Еволюційні процеси, які відбуваються на рівні популяцій і зумовлюють утворення нового виду, називають **мікроеволюцією**.

Кінцевим результатом процесів мікроеволюції є формування нового виду. **Вид** — це сукупність популяцій особин, подібних між собою за будовою, функціями, місцем в угрупованнях організмів, що населяють певний ареал і вільно схрещуються між собою у природі.

Концепції виду

Базовим таксоном сучасна систематика вважає вид. Складність поділу живих істот на види полягає ще й у тому, що саме визначення поняття «вид» є доволі складним. І залежить воно від того, яка з концепцій виду використовується в певному випадку.

Деякі поширені концепції виду

Назва концепції	Визначення виду	Особливості концепції
Типологічна	Це група особин, які є ідентичними до особини-еталону за певними ознаками	Усі особини виду порівнюються з еталонним зразком. Ця концепція дуже незручна для видів, особини яких можуть суттєво відрізнятися за зовнішніми ознаками, наприклад, собака домашній, турухтани
Номіналістична	Це група особин, яка визнається формальною класифікацією і становить певний етап розвитку окремої еволюційної лінії	Ця концепція розглядає вид як суто теоретичне поняття, бо живі організми в природі постійно змінюються. В її межах важко пояснити дуже тривале існування гінкго або щитнів
Біологічна	Це група особин, що здатна схрещуватися і давати плідне потомство	Концепція добре підходить для опису багатоклітинних організмів зі статевим розмноженням. Але зазнає труднощів під час опису організмів, які не мають статевого розмноження
Філогенетична	Це найменша монофілетична група, яка заслуговує на	Ця концепція визначає вид, виходячи з його монофілетичного походження (від однієї популяції

	формальне визнання	або навіть окремої особини). Не є вдалою для визначення видів, які виникли шляхом схрещування або симбіогенезу
--	--------------------	--

Критерії виду

У природі трапляються види-двійники, які дуже подібні між собою за зовнішньою будовою. Такі види було виявлено серед комах, риб, птахів, ссавців, рептилій, амфібій тощо. В Україні види-двійники знайшли в зелених ропух, полівок, мишаків. Тому, щоб не помилитися, для визначення виду використовують не якусь одну ознаку, а цілий комплекс критеріїв виду.

Критерії виду

Критерій	Характеристика критерію
Морфологічний	Схожість зовнішньої і внутрішньої будови організмів одного виду та її відмінність у різних видів
Генетичний	Кількість і структура хромосом виду, тобто його каріотип (кожен вид має чітко визначений набір хромосом)
Фізіологічний	Схожість процесів життєдіяльності й можливість схрещування
Біохімічний	Можливість розрізняти види за біохімічними параметрами (будовою білків і нуклеїнових кислот)
Географічний	Зону поширення виду (ареал). Існують види з розірваним ареалом і види з дуже великим ареалом поширення
Екологічний	Умови існування виду, його місце в біоценозі, взаємовідносини з іншими видами

Ключова ідея

Вид — це сукупність популяцій особин, подібних між собою за будовою, функціями, місцем в угрупованнях організмів, що населяють певний ареал і вільно схрещуються між собою у природі. Найбільш поширеними концепціями виду є типологічна, номіналістична, біологічна та філогенетична. Різні види організмів розрізняють між собою за допомогою спеціальних критеріїв виду.

Перевірте свої знання

1. Що таке вид? 2. Які існують критерії виду? 3. Що характеризує екологічний критерій виду? 4. Які види називають двійниками? 5. За якими критеріями можна розпізнати види-двійники? 6. Для яких видів буде важко застосувати філогенетичну концепцію виду?

§ 49. Класифікація та номенклатура

Поміркуйте

Навіщо потрібно змінювати системи класифікацій організмів?

Згадайте

Що таке біологічна систематика?

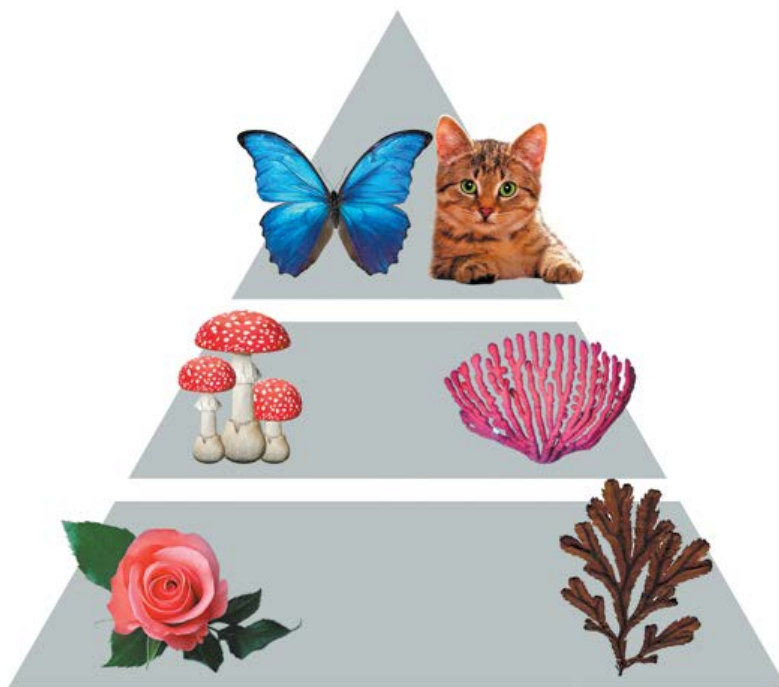
Що таке філогенія?

Історія розвитку систем класифікації організмів

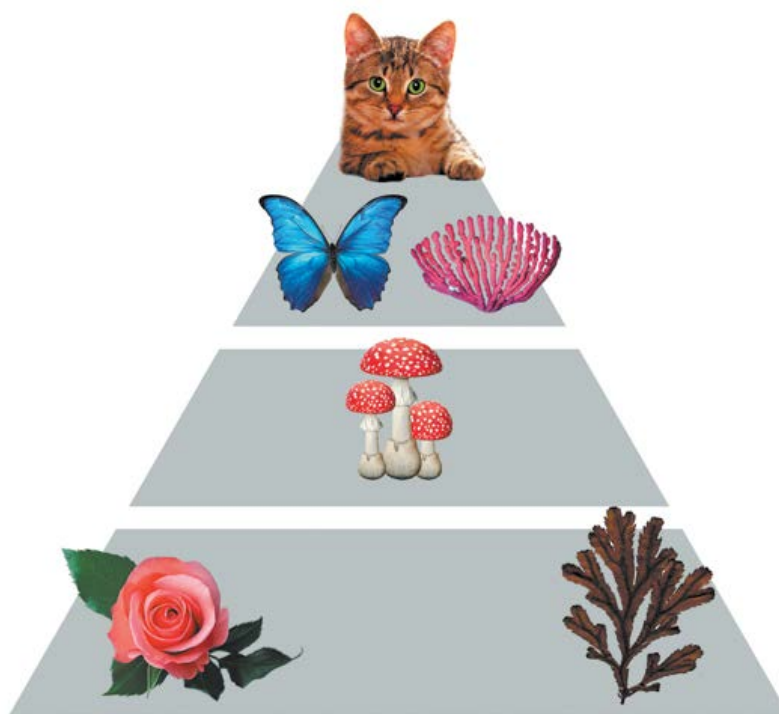
Першою спробою класифікувати живі організми можна вважати систему Аристотеля, який виділив групи рослин і тварин. А першою науковою системою класифікації стала система Карла Ліннея (1758 р.), у якій рослини і тварини отримали статус царств. Але вже тоді стала зрозуміла значна відмінність грибів, і вони були виділені в окреме царство Отто фон Мюнхгаузеном (1763 р.). Щоправда він об'єднав їх разом із губками і коралами. Ця помилка була виправлена в системі Ноеля Жозефа де Неккера (1783 р.), в якій царство Гриби було виділено окремо. На жаль, пропозиції Мюнхгаузена й Неккера були надовго забуті.



Система царств живих організмів К. Ліннея



Система царств живих організмів О. Мюнхгаузена



Система царств живих організмів Н. Неккера



Система царств живих організмів Е. Геккеля



Система царств живих організмів Р. Уайттейкера

Учені XIX ст. вперше усвідомили, що численні мікроскопічні істоти (бактерії, найпростіші, мікроскопічні водорості) важко віднести до тварин або рослин. Наслідком цього було виникнення в системі Ернста Геккеля (1866 р.) нового царства Протисти, яке об'єднало всі одноклітинні й колоніальні форми.

У першій половині XX ст. внаслідок розвитку методів мікроскопії стала зрозумілою різниця між прокаріотами та еукаріотами. У системі Герберт Копленд (1938 р.) було виділено чотири царства: Монери (дріб'янки), Протоктисти (нижчі еукаріоти), Тварини і Рослини. У 1959–1969 рр. американський дослідник Роберт Уайттейкер удосконалив цю систему, виділивши гриби в окреме царство (у системі Г. Копленда їх відносили до царства Протоктисти). Ця система була найбільш поширеною до 80–90-х років XX століття, поки нові технології в цитології та молекулярній біології не дозволили створити сучасну систему класифікації живих організмів.

Принципи сучасної класифікації організмів

Сучасна наукова класифікація повинна відображати еволюційні зв'язки між живими організмами та вказувати на рівень їхньої спорідненості. Крім того, вона має бути зручною для використання і дозволяти легко включати нові, нещодавно відкриті, види. Як ви вже знаєте, основною систематичною категорією є вид. Видова назва складається з двох латинських слів (бінарна номенклатура), перше з яких є назвою роду, а друге — видовим епітетом. Споріднені види об'єднуються в більш високі таксономічні категорії — роди, роди — в родини, а ті — в іще вищі категорії.

Штучні (формальні) та природні (філогенетичні) системи живого світу

Системи живого світу можуть бути різними. Їх поділяють на дві групи: штучні (формальні) та природні (філогенетичні). **Штучними (формальними)** називають системи, у яких класифікація видів базується лише на ступені їхньої подібності за вибраними ознаками. При цьому не враховується історична спорідненість організмів, які така система об'єднує у відповідні таксони.

Природними (філогенетичними) називають системи, у яких класифікація організмів будується на ступені їхньої подібності з урахуванням філогенетичної спорідненості. Так, штучна система може зараховувати до риб усіх хребетних, які живуть у воді. Тоді до риб будуть віднесені всі кити. А природна система враховує, що кити походять від наземних предків і є вторинноводними тваринами. Тому в такій системі кити належать до групи ссавці

Ключова ідея

Сучасна наукова класифікація повинна відображати еволюційні зв'язки між живими організмами та вказувати на рівень їхньої спорідненості. Основною систематичною категорією є вид. Видова назва складається з двох латинських слів

(бінарна номенклатура), перше з яких є назвою роду, а друге — видовим епітетом. Системи живого світу можуть бути різними. Їх поділяють на дві групи: штучні (формальні) та природні (філогенетичні).

Перевірте свої знання

1. Хто є автором першої наукової системи живих організмів? 2. Яким критерієм повинна відповідати сучасна наукова система? 3. Які системи живого світу є штучними? 4. Які системи живого світу є природними?

§ 50. Міжнародні кодекси номенклатур

Поміркуйте

У чому перевага єдиної системи назв живих організмів?

Згадайте

Що таке природна система живого світу?

Якими принципами керується сучасна класифікація організмів?

Кодекси біологічної номенклатури

Назву новим відкритим видам живих організмів дають їхні автори — ті науковці та науковиці, які їх відкрили. Аби уникнути непорозумінь і помилок, ці назви даються за певними правилами та рекомендаціями, які зібрано у спеціальних кодексах. Таких кодексів є кілька. Їх поява обумовлена особливостями історії досліджень та біологічними особливостями певних груп організмів.

На сьогодні правила та рекомендації щодо назв таксонів визначають Міжнародний кодекс ботанічної номенклатури, Міжнародний кодекс зоологічної номенклатури, Міжнародний кодекс номенклатури прокаріотів та Міжнародний комітет із таксономії вірусів. Загальною рисою всіх кодексів є використання біноміальної системи номенклатури, яку запропонував Карл Лінней.

Міжнародний кодекс ботанічної номенклатури

Цей кодекс визначає правила і рекомендації для наукових назв зелених рослин, усіх груп еукаріотичних водоростей, грибів, грибоподібних організмів та деяких інших груп (зокрема, для ціанобактерій).

Основні принципи кодексу

- ✓ Принцип незалежності номенклатур (ця номенклатура є незалежною від номенклатури тварин та прокаріотів).

- ✓ Принцип типіфікації (таксономічні групи називаються за допомогою номенклатурних типів — зразків організмів, за якими їх було описано).
- ✓ Принцип пріоритетності (номенклатура групи заснована на пріоритеті в оприлюдненні).
- ✓ Принцип унікальності (таксономічна група може мати лише одну назву).
- ✓ Принцип універсальності (наукові назви вважаються латинськими незалежно від походження).
- ✓ Принцип зворотної сили (сучасні правила номенклатури поширюються на всі попередні постанови).
- ✓ Принцип незалежності від таксономії (правила номенклатури не залежать від поглядів окремих учених на класифікацію певної групи).

Міжнародний кодекс зоологічної номенклатури

Цей кодекс визначає правила і рекомендації для наукових назв тварин. Як і інші кодекси, він має основні засади, яких треба дотримуватися. Основна мета кодексу — забезпечити максимальну універсальність та спадкоємність наукових назв тварин та їх таксонів.

Основні засади кодексу

- ✓ Засада біноміальної номенклатури (назва виду повинна складатися з двох назв — родової та видової).
- ✓ Засада пріоритету (чинною назвою таксону є найстаріша з наданих).
- ✓ Засада невторчання у таксономічні судження (кодекс не визначає, які саме види або систематичні групи включати до складу таксону).
- ✓ Засада типіфікації (наявність екземпляру або серії екземплярів, за якими описано вид).

Ключова ідея

Аби уникнути непорозумінь і помилок, назви видів організмів та таксонів іншого рангу подаються за певними правилами та рекомендаціями, які зібрано у спеціальних кодексах. Нині правила та рекомендації щодо назв таксонів визначають Міжнародний кодекс ботанічної номенклатури, Міжнародний кодекс зоологічної номенклатури, Міжнародний кодекс номенклатури прокаріотів та Міжнародний комітет із таксономії вірусів.

Перевірте свої знання

1. Які кодекси використовують для надання назв живим організмам? 2. Якими є основні положення Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури? 3. Якими є основні засади Міжнародного кодексу зоологічної номенклатури?

§ 51. Міжнародні банки генетичної інформації. Пошукові системи

Поміркуйте

Чи потрібен вільний доступ до генетичної інформації?

Згадайте

Які методи використовують для дослідження геному?

У яких галузях можна використовувати інформацію про гени і геноми організмів?

Генні банки

Важливе завдання збереження біорізноманяття можна виконувати багатьма способами. До традиційних способів належить створення природоохоронних територій, охорона видів, яким загрожує вимирання, штучне розведення організмів. Але в останні роки розвиток сучасних технологій дозволяє використовувати й інші способи.

Одним із нещодавно запропонованих способів є створення генних банків. У таких банках зберігається насіння рослин, заморожені культури тканин або статеві клітини різних видів організмів. Зазвичай, для збереження такого матеріалу широко застосовують кріоконсервування. Але використовують й інші методи. Насіння у стані спокою, наприклад, може успішно зберігатися протягом десятків років, а то й більше.

Зараз у світі створено більше 1300 генних банків рослин. З них понад 600 великих. Кожен такий банк зберігає спадковий матеріал від сотень або тисяч видів. Загальна кількість зразків у цих банках перевищує два мільйони.

А кожний із видів культурних рослин у них представлений сотнями й тисячами сортів. Збереження такого матеріалу є дуже важливим з точки зору майбутньої селекції, коли селекціонерам можуть знадобитися якісь специфічні ознаки сорту, який уже давно не використовують у практиці землеробства.

Великою проблемою є зберігання насіння тропічних рослин, яке часто не є придатним для тривалого зберігання. У таких випадках може допомогти кріоконсервування або створення культур тканин.



www.shutterstock.com • 1829732738

Насіння, яке зберігається у генному банку

Бази даних генетичної інформації

З розвитком такого розділу сучасної біології, як біоінформатика, були створені спеціалізовані бази даних, у яких зосереджено інформацію про нуклеотидні послідовності ДНК різних організмів. Також такі бази містять іншу інформацію щодо організмів, таких, як їх опис та систематичне положення. Частина цих баз є відкритою до безкоштовного доступу, а частина закрита.

Прикладами баз, які є відкритими, GenBank, DDBJ, ENA (European Nucleotide Archive). Указані бази містять різноманітну інформацію. Але існують і бази, інформація у яких є специфічною. Вони можуть бути присвячені окремому типу генів або білків, певній хромосомі або клітинній органелі.

Пошукові системи наукової інформації

Існують і бази даних наукової літератури, у яких знаходиться велика кількість публікацій із певної тематики.

Сучасна наука розвивається дуже швидко. Кількість публікацій, які виходять кожного року, є велетенською. Тому спеціалістам (а тим більше неспеціалістам) дуже важко знайти потрібну їм нову інформацію. Для вирішення цієї проблеми використовують спеціальні програмні продукти — пошукові системи. Вони є досить різноманітними. Частина з них вельми універсальна, а частина є більш вузько спеціалізованою.

Прикладами пошукових систем є BASE (одна з найбільш популярних систем, шукає наукові документи у вільному доступі), CWM (спеціалізована система для пошуку інформації в галузі хімії), GoogleScholar (універсальна

система, яка здійснює пошук наукової літератури та публікацій за різними галузями та джерелами) тощо.

Ключова ідея

Для збереження інформації про живі організми використовують як фактичне збереження біологічних об'єктів, наприклад, у генетичних банках, так і збереження інформації про них у наукових базах даних. Для пошуку наукової інформації широко використовують спеціальні пошукові системи.

Перевірте свої знання

1. Що таке генний банк? 2. Які пошукові системи можна використовувати для пошуку наукової інформації про живі організми? 3. Як можна використовувати інформацію з наукових баз даних? 4*. З яких причин певні бази наукових даних можуть бути закритими?

§ 52. Різноманітність органічного світу

Поміркуйте

Чи пов'язано біорізноманіття екосистеми з її стійкістю до дії різних факторів?

Згадайте

Які групи живих організмів вам відомі?

Які фактори можуть діяти на живі організми?

Рівні й типи біологічного різноманіття

Термін «біорізноманіття» почали застосовувати нещодавно. Поняття «біологічне різноманіття» ввів Томас Лавджой 1980 року, а скорочений варіант — «біорізноманіття» — запропонував Едвард Осборн Вілсон 1986 року.

Зараз застосовують кілька різних варіантів значення терміна «біорізноманіття». Одним із найбільш поширених є такий:

біорізноманіття — це сукупність генів, видів та екосистем у регіоні.

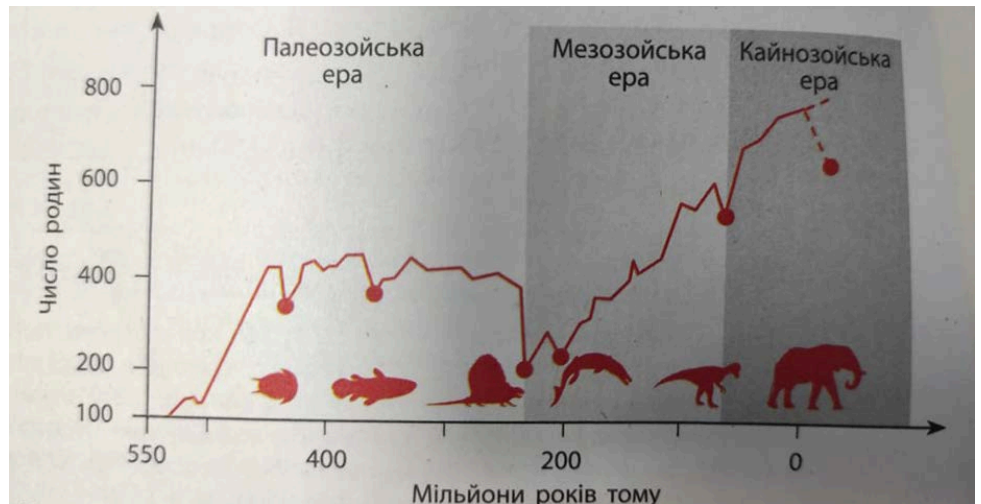
Визначення, прийняте на саміті ООН у Ріо-де-Жанейро (1992) в рамках «Конвенції про біологічне різноманіття», говорить, що біорізноманіття — це мінливості серед живих організмів із будь-яких ареалів, включаючи, зокрема, суходольні, морські та інші водні, та серед екологічних комплексів, частинами яких вони є, що включає мінливість усередині видів, між видами та між екосистемами. Відповідно, за рівнями можна розглядати біологічне різноманіття на рівні популяції, виду, екосистеми тощо.

Розрізняють три основні типи біорізноманіття: альфа-, бета- та гамма-різноманіття. **Альфа-різноманіття** оцінює різноманіття всередині

угруповання, **бета-різноманіття** — між угрупованнями, а **гамма-різноманіття** — на рівні ландшафтної зони, яка містить цілу низку угруповань.

Значення біорізноманіття у природі й житті людини

Біорізноманіття відіграє надзвичайно важливу роль в існуванні біосфери. Протягом еволюції біорізноманіття постійно зростало, що добре видно на прикладі збільшення кількості родин живих організмів із часом.



Зміна числа родин тварин протягом останніх 550 млн років

Екосистеми можуть існувати лише за умови, що до їхнього складу входять продуценти, консументи і редуценти, бо органічні речовини слід постійно утворювати й постійно руйнувати, щоб забезпечити обмін речовин. Тобто без мінімального біологічного різноманіття екосистема існувати просто не зможе.

Теоретично мінімальною умовою існування екосистеми є наявність хоча б двох компонентів: продуцента і редуцента. Можливим є й існування екосистем, у яких продуценти відсутні або представлені в незначній кількості. Але такі екосистеми можуть існувати лише за умови постійного надходження до них органічної речовини з інших екосистем (як, наприклад, бентосні екосистеми на дні світового океану). Більший рівень різноманіття робить екосистеми стійкішими до зовнішніх впливів.

Високе генетичне різноманіття збільшує шанси популяції на виживання в умовах зміни середовища існування, бо в такому випадку хоч хтось із нащадків може виявитися достатньо пристосованим до нових умов.

Велике значення має біорізноманіття і для людини. Людина також є складовою екосистем. Тому високий рівень біорізноманіття збільшує шанс виживання екосистем узагалі й людини зокрема.

Велика кількість різних видів тварин і рослин може бути джерелом природних сполук і матеріалів, які можуть використовуватися людиною. Крім того, високе різноманіття надає людині переваги і в її господарській діяльності. Так, перші цивілізації на планеті зароджувалися у схожих умовах. Але євразійські цивілізації мали можливість для одомашнення набагато більшої кількості видів тварин, ніж, наприклад, американські. Одомашнення коней зробило більш ефективним як сільське господарство, так і транспорт, що стало причиною вищої ефективності економіки і швидшого розвитку цивілізації в Євразії.

Ключова ідея

Біорізноманіття — це мінливості серед живих організмів із будь-яких ареалів, зокрема суходольні, морські та інші водні, та серед екологічних комплексів, частинами яких вони є, що включає мінливість усередині видів, між видами та між екосистемами. Розрізняють три основні типи біорізноманіття: альфа-, бета- та гамма-різноманіття. Альфа-різноманіття оцінює різноманіття всередині угруповання, бета-різноманіття — між угрупованнями, а гамма-різноманіття — на рівні ландшафтної зони, яка містить цілу низку угруповань.

Перевірте свої знання

1. Що таке біорізноманіття? 2. Які існують типи біорізноманіття? 3. Чи згодні ви з твердженням, що популяція з високим рівнем біорізноманіття має більші шанси на виживання у випадку дії на неї несприятливого фактора? Обґрунтуйте свою точку зору. 4*. За яких умов зможе існувати екосистема, до складу якої входить лише один вид живих організмів? Яким чином у ній можна створити мінімально необхідне для функціонування біорізноманіття?

КОМПЕТЕНТІСНО ОРІЄНТОВАНІ ЗАВДАННЯ

1. Поділіться на групи. Складіть характеристику виду за видовими критеріями.

Критерії виду	Рись євразійська	Лисиця звичайна	Конюшина лучна
<i>Морфологічний</i>			
<i>Генетичний</i>			
<i>Фізіологічний</i>			
<i>Біохімічний</i>			
<i>Географічний</i>			
<i>Екологічний</i>			

2. Назва цієї квітки походить від турецького слова «тюрбан, чалма». До Голландії ця рослина потрапила в 1558 році. Тоді лише за одну цибулину цієї квітки виплачували 5 т пшениці, 10 т рису, 4 бики, 8 свиней, 12 овець, кілька діжок вина. Укажіть назву рослини. З'ясуйте її систематику.

3. На початку XVIII століття французький ботанік Себастьян Вайян мовив: «Гриби — це диявольський витвір, що порушує гармонію природи. Це прокляте покоління створене тільки для того, щоб бентежити найталановитіших дослідників і доводити до відчаю молодих ботаніків...». Що мав на увазі науковець? До якого типу живлення відносять гриби? Чи є гриби обов'язковими складниками біогеоценозу?

4. Створіть мікропрепарат цвілевого гриба мукора. Для цього заздалегідь залишіть шматочок хліба у вологому середовищі на тривалий час. Препарувальною голкою відсуньте частину цвілі в сторону. Зверніть увагу на стан харчового продукту в ділянці гриба. Що спостерігаєте?

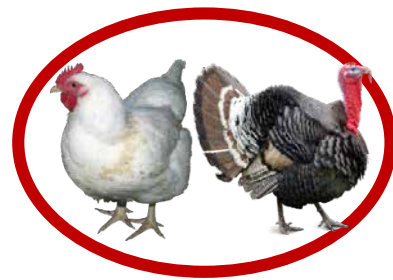
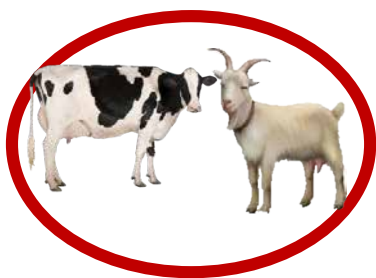
Обережно візьміть препарувальною голкою цвілевий гриб і покладіть його на предметне скло. Піпеткою наберіть невелику кількість води, капніть посередині мікропрепарату. Накрийте гриб покривним скельцем. Розгляньте під мікроскопом особливості будови. З'ясуйте, до якого підцарства грибів належить мукор? Поясніть, чому.

Біологічні задачі

На сьогодні в межиріччі Дністра та Дунаю мешкає щонайменше 70 особин видр річкових. Що відбудеться з цією популяцією, якщо частина дорослих самиць та самців мігрує?

Що відбудеться з популяцією рисів, якщо збільшиться чисельність дорослих самиць? Наразі в Карпатах їх налічується близько 400 особин. На території Полісся — до 90 особин. З чим пов'язана така суттєва різниця?

Зверніть увагу на зображення тварин. З'ясуйте, за якою ознакою їх об'єднано .



Прочитайте рядок представників біологічного різноманіття. Установіть правильно наголос у словах, використавши словник наголосів. До яких груп організмів можна віднести ці слова?

Камбала, кропива, олень, павич, осетер, стерлядь, осока, чорнослив, щавель.

Назвіть тварин Австралії. З'ясуйте, які кліматичні умови спричинили такі дивовижні пристосування у представників фауни материка та чи можна зустріти схожі пристосування у тварин на інших континентах.



Прочитайте прислів'я про рослини. Поясніть їх значення. Установіть, до яких груп рослин можна їх віднести. У яких природних умовах можна зустріти цих рослин?

Де срібліє вербиця – там здорова водиця.

Не розкусивши горіх, зерна не з'їси.

Де у дворі калина – там порядна родина

Яка пшениця, така й паляниця.

Тема 8. Надорганізмові біологічні системи

§ 53. Екосистема. Різноманітність екосистем

Поміркуйте

У яких регіонах видове різноманіття організмів є найбільшим?

Згадайте

Як живі організми отримують потрібні їм органічні речовини?

Які організми називають автотрофними?

Екосистеми

Екосистема — це сукупність живих організмів, які мешкають у певному середовищі існування й утворюють з ним одну систему. Будь-яка екосистема містить у своєму складі два головні компоненти: біотичний і абіотичний. **Біотичний компонент екосистеми** — це всі живі організми, які входять до її складу (тварини, рослини, бактерії тощо). А **абіотичний** — це компоненти неживої природи (каміння, вода, повітря тощо). Біотичний компонент екосистеми називають **біоценозом**.

Біотичний компонент екосистем поділяється на автотрофні та гетеротрофні організми. **Автотрофні** організми здатні утворювати органічні речовини з неорганічних або за допомогою фотосинтезу (фотоавтотрофи), або за допомогою енергії хімічних реакцій (хемоавтотрофи). **Гетеротрофні** організми отримують потрібні їм органічні речовини з інших організмів.

Різноманітність природних екосистем

Розмір екосистем може бути різним — від розмірів краплі води до розмірів цілої планети. Але в умовах Землі виділяють три основні групи природних екосистем: це наземні, прісноводні й морські (солонowodні) екосистеми. Кожна із цих груп поділяється на більш дрібні екосистеми ландшафтно-географічних зон (для суходолу) або гідрологічних та фізичних особливостей (для водойм).

Серед наземних екосистем виділяють тундру, широколистяні ліси, тайгу, степ, пустелю та інші. Прісноводні екосистеми представлені протічними й стоячими водоймами та болотами. До морських екосистем належать пелагічні (відкритий океан), естуарії (гирла річок), прибережні, рифтові (глибоководні) тощо. Існують і перехідні типи екосистем, наприклад лісотундра і лісостеп. Своєю чергою, ці екосистеми поділяються на менші за розміром, скажімо, екосистеми окремих лісових масивів чи озер або басейнів річок.

Біоценози

Біоценози — це не просто сукупність мешканців певної екосистеми. Живі організми, які входять до складу біоценозу, активно взаємодіють між собою й абіотичними компонентами екосистеми. Вони утворюють як внутрішньовидові, так і міжвидові угруповання живих організмів.

Кожному біоценозу притаманний певний видовий склад. Під видовим складом біоценозу розуміють комплекс рослин, тварин, мікроорганізмів, який є в певному біоценозі, включно з усіма групами організмів (види всіх типів). Деякі біоценози надзвичайно багаті за своїм видовим складом (тропічний ліс), а інші — бідні (тундри, пустелі).



www.shutterstock.com · 192658679



www.shutterstock.com · 194785874



www.shutterstock.com · 1646754787

Основні типи екосистем: сухопутна, морська, прісноводна

Структура біоценозів

Здебільшого біоценози мають певну просторову структуру. Тобто живі організми в них розміщені в межах екосистеми не випадково, а за певними закономірностями. Кожний організм угруповання займає лише йому властиве місце, яке відповідає вимогам організму та його взаємовідносинам з іншими компонентами екосистеми.

Зазвичай організми розміщуються у просторі відповідно до кількості сонячної енергії, яка їм необхідна для життєдіяльності. Гарним прикладом такого розміщення є ярусність лісу.

Наприклад, у широколистяному лісі виділяють 5–6 ярусів: перший (верхній) ярус утворюють дерева першого розміру (дуб, липа); другий — дерева другого розміру (горобина, дикі яблуні); третій ярус становить підлісок; четвертий і п'ятий яруси утворені, відповідно, високими й низькими травами та кущами; у шостому ярусі ростуть низькі приземні трав'янисті рослини.

Ярусність можна спостерігати й під землею, оскільки коріння різних рослин також проникає на різну глибину. До певних ярусів рослинності пристосовуються і тварини, які входять до складу біоценозу. Так, білки живуть переважно на рослинах верхніх ярусів, а кроти ведуть підземний спосіб життя.

У біоценозі можна виділити і горизонтальну структуру. Пов'язане це з тим, що в будь-якій екосистемі можна знайти окремі ділянки, які будуть відрізнятися від інших. Це, наприклад, солонці, місця виходу джерел на поверхню ґрунту, скельні угруповання тощо.

Ключова ідея

Екосистема — це сукупність живих організмів, які мешкають у певному середовищі існування й утворюють з ним одне ціле. Будь-яка екосистема містить у своєму складі два головні компоненти: біотичний та абіотичний. Біотичний компонент екосистеми називають біоценозом. В умовах нашої планети виділяють три основні групи екосистем: наземні, прісноводні й морські (солонowodні).

Перевірте свої знання

1. Що таке екосистема? 2. Які компоненти входять до складу екосистеми? 3. Які існують типи екосистем? 4. Які екосистеми входять до складу наземних екосистем? 5. Чому сосновий ліс, який росте на піщаних ґрунтах, має меншу кількість ярусів, ніж діброва? 6*. Порівняйте багату на види (тропічний ліс) і бідну (тундра) екосистеми. У чому полягає їхня відмінність, а в чому — подібність?

Цікава інформація

У лісових екосистемах зосереджено 80 % фітомаси Землі. Вони займають 4 млрд га, або 30 % площі суходолу. Щорічно в процесі фотосинтезу ліс утворює 100 млрд тонн органічної речовини.

§ 54. Харчові зв'язки, потоки енергії та колообіг речовин в екосистемах

Поміркуйте

Чим відрізняється живлення автотрофних від живлення гетеротрофних організмів?

Згадайте

Як живляться дерева?

Як живляться їжаки?

Екологічні групи живих організмів

Усі живі організми повинні жити. Аде для побудови свого організму їм постійно потрібні органічні речовини й енергія, яку вони отримують із цих речовин. Автотрофні організми синтезують ці речовини самостійно, а гетеротрофні отримують у різні способи. Вони можуть поїдати автотрофні чи інші гетеротрофні організми або жити мертвою органікою. Але, що б вони не їли, первинним джерелом усіх органічних речовин і енергії в екосистемах є автотрофи.

Відповідно до способу отримання органічних речовин, живі організми в екосистемах поділяють на екологічні групи продуцентів, консументів і редуцентів. **Продуценти** — це автотрофні організми, які продукують органічні речовини. До них належать, наприклад, дерева, водорості та інші рослини.

Консументи є гетеротрофними організмами екосистем, які отримують органічні речовини, живлячись іншими живими організмами. Вони можуть споживати як продуцентів (наприклад, травоядні тварини), так і інших консументів (як хижаки, які поїдають травоядних).

Редуценти — це гетеротрофні організми екосистем, які отримують органічні речовини, живлячись рештками живих організмів або продуктів їхньої життєдіяльності. Редуценти перетворюють мертву органіку на прості органічні та неорганічні речовини.

Харчові зв'язки в екосистемах

Поїдаючи один одного, живі організми стають ланками харчових ланцюгів. **Харчовий ланцюг** — це взаємини між організмами під час перенесення енергії їжі від її джерела (автотрофного організму) через низку організмів, що відбувається шляхом поїдання одних організмів іншими.

У ланцюзі харчування кожен вид займає певну ланку. Зв'язки між видами в харчовому ланцюзі називаються **трофічними**, а ланки — **трофічними рівнями**. На початку ланцюгів живлення, як правило, перебувають продуценти, тобто автотрофні організми, які продукують органічні речовини. Наступні ланки ланцюга становлять консументи. Залежно від місця ланки розрізняють консументів різних порядків. Так, травоядні, які споживають продуцентів, є консументами I порядку. Хижаки, які їдять травоядних, — консументами II порядку. А паразити, які живуть в організмі хижаків, — консументами III порядку. Редуценти руйнують мертві залишки й продукти життєдіяльності організмів усіх тропічних рівнів.

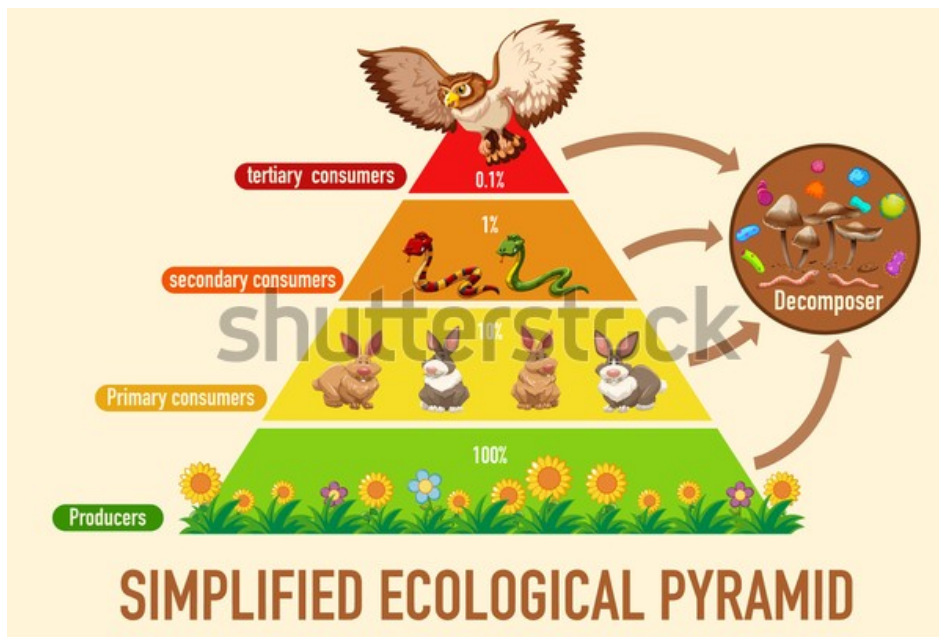
В органічних речовинах автотрофні організми запасують енергію, яку й використовують гетеротрофи. Під час перенесення цієї енергії від ланки до ланки харчового ланцюга переважна її частина (80–90 %) губиться у вигляді теплоти.

У кінці ланцюга живлення енергія, яка ще зберігається в мертвій органіці, остаточно розсіюється у вигляді тепла, коли її руйнують редуценти.

Правило екологічної піраміди

Різні екосистеми відрізняються своєю продуктивністю (відтворенню біомаси організмів, які входять до його складу). Ви вже знаєте, що є різні ланцюги живлення, але всім їм властиві певні співвідношення продукції, тобто біомаси з енергією, що витрачається і запасується на кожному з тропічних рівнів. Ці закономірності дістали назву **правила екологічної піраміди**: на кожному попередньому тропічному рівні кількість біомаси й енергії, які запасуються організмами за одиницю часу, значно більші, ніж на наступному (у середньому в 5–10 разів).

Графічно це правило можна зобразити у вигляді піраміди, складеної з окремих блоків. Кожен блок такої піраміди відповідає продуктивності організмів на кожному з тропічних рівнів. Отже, екологічна піраміда є графічним відображенням тропічної структури ланцюга живлення.



www.shutterstock.com · 1841572111

Екологічна піраміда

Колообіг речовин

Біологічний колообіг — це багаторазова участь хімічних елементів у процесах, які відбуваються у біосфері. Причина колообігу — обмеженість елементів, із яких будується тіло організмів.

У біосфері відбувається постійний колообіг елементів, які переходять від організму до організму, у неживу природу і знову до організму. Елементи, які вивільняються мікроорганізмами під час гниття, надходять у ґрунт і атмосферу, знову стають частиною колообігу речовин біосфери, поглинаючись живими організмами.

Для функціонування екосистем найважливіші ті колообіги речовин, які є основними компонентами живих організмів: Карбону, Нітрогену, Оксигену, Сульфуру, Фосфору.

Ключова ідея

Відповідно до способу отримання органічних речовин, живі організми в екосистемах поділяють на екологічні групи: продуценти, консументи і редуценти. Харчовий ланцюг — це взаємини між організмами під час перенесення енергії їжі від її джерела (автотрофного організму) через низку організмів. Екологічна піраміда є графічним відображенням трофічної структури ланцюга живлення.

Перевірте свої знання

1. На які екологічні групи поділяють живі організми в екосистемах? 2. Хто такі консументи? 3. Що таке харчовий ланцюг? 4. Які бувають ланцюги живлення? 5. В океанських западинах на глибині кількох кілометрів також існують екосистеми. Звідки

вони можуть отримувати органічні речовини для своїх харчових ланцюгів? 6*. Яке значення має колообіг речовин для нормального функціонування екосистем?

§ 55. Біотичні, абіотичні та антропогенні фактори

Поміркуйте

Які фактори можуть впливати на життєдіяльність організмів?

Згадайте

Як верблюд пристосований до життя в умовах пустелі?

Як дуб адаптований до життя на території України?

Екологічні фактори

На організми впливають різні чинники середовища: екологічні фактори, які за своєю природою можуть бути абіотичними, біотичними й антропогенними. Аби адаптуватися до відповідного середовища існування й запобігти негативному впливу таких факторів, живим організмам треба в якийсь спосіб пристосовуватися.

Екологічні фактори

Тип факторів	Характеристика факторів
Абіотичні	Чинники неживої природи — фізичні та хімічні умови середовища. До них належать температура, вологість, світло, рух повітряних мас (вітер), течія й солоність води, опади, сніговий покрив, магнітне поле Землі
Біотичні	Під біотичними чинниками середовища розуміють взаємний вплив живих організмів одне на одного. Умовно біотичні чинники можна поділити на внутрішньовидові та міжвидові. Внутрішньовидові чинники виявляються через вплив особин певного виду одна на одну й конкуренцію за різні ресурси, наприклад, боротьба за територію, їжу, статевий партнер. Міжвидові чинники дуже різноманітні. У процесі еволюції сформувалося кілька типів міжвидових взаємовідношень (конкуренція, хижацтво, паразитизм, коменсалізм тощо). Усі вони є міжвидовими біотичними чинниками
Антропогенні	Це чинники, зумовлені діяльністю людини. До них належать забруднення середовища, необмежене полювання, руйнування середовища існування, занесення нових видів тощо

Екологічні фактори поділяють також на ресурси й умови. **Ресурси** — це елементи середовища проживання, які організм споживає (їжа, вода, кисень, вуглекислий газ). Їхня кількість у результаті взаємодії з організмом може зменшуватися. **Умови** — це елементи середовища проживання, які організм не споживає (температура, освітленість, атмосферний тиск).

Уплив екологічних факторів на живі організми

Щодо будь-якого фактора середовища живі організми мають так званий діапазон стійкості (витривалості). Якщо інтенсивність якого-небудь чинника виходить за межі толерантності, живі організми гинуть. Так, якщо слон потрапить у місцевість із температурою повітря -20°C , то він досить швидко загине. Тому організми намагаються жити в умовах, де фактори не виходять за межі толерантності й до яких вони найкраще пристосовані. Такі умови називають **біологічним оптимумом** для певного виду організмів.

Більшість екологічних факторів змінюється незалежно один від одного. І досить важко підібрати місце проживання так, щоб усі фактори були в межах біологічного оптимуму. Тому зазвичай деякі з чинників мають більший вплив на живі організми, ніж інші. Фактор, який найбільше впливає на виживання, називають **обмежувальним (лімітуючим)**. Лімітуючими факторами можуть бути температура, тиск, солоність води, хижаки тощо.

Якщо рівень одного фактора виходить за межі толерантності, то звужується діапазон витривалості й до інших факторів. Наприклад, за умови низького вмісту Нітрогену в ґрунті знижується посухостійкість злаків; голодна тварина стає більш уразливою для хижаків і чутливою до холоду.

Ключова ідея

На організми впливають різні чинники середовища: екологічні фактори, які за своєю природою можуть бути абіотичними, біотичними й антропогенними. Організми намагаються уникати впливу негативних факторів і жити в умовах, до яких вони найкраще пристосовані. Такі умови називають біологічним оптимумом для певного виду організмів.

Перевірте свої знання

1. Що таке екологічні фактори? 2. На які групи поділяють екологічні фактори? 3. Порівняйте між собою абіотичні й біотичні фактори. 4. На конкретних прикладах поясніть, як на екосистеми впливають антропогенні фактори. 5*. Використовуючи конкретний приклад, поясніть, які умови будуть біологічним оптимумом для виду організмів. 6*. Що таке лімітуючі фактори? Наведіть приклади.

§ 56. Стабільність екосистем та причини її порушення

Поміркуйте

Як на екосистему можуть упливати екологічні фактори?

Згадайте

Які компоненти входять до складу екосистем?

Які існують групи екосистем?

Цілісність і саморегуляція екосистем

Природні екосистеми містять значну кількість видів живих організмів. Ці організми взаємодіють між собою, утворюючи з трофічних ланцюгів екосистеми єдину трофічну сітку. Усі організми в екосистемі пов'язані. Хоча часто такий зв'язок є не прямим, а опосередкованим через інші види. Наприклад, дощові черви й непарні шовкопряди напряму між собою не пов'язані, однак шовкопряди в разі масового розмноження виїдають листя дерев. Відповідно, листя не падає на ґрунт, і це зменшує кормову базу для дощових червів.

Разом усі організми екосистеми утворюють складну цілісну систему, яка перебуває в стані динамічної рівноваги. Тобто через зміну якогось із елементів системи інші елементи компенсують ці зміни й виправляють становище. Наприклад, за умови масового розмноження якогось виду різко зростає чисельність хижаків і паразитів, які ним живляться, і досить швидко чисельність виду зменшується до нормальних величин. Така здатність системи відновлювати свій стан після його порушення називається **саморегуляцією**.

Взаємозв'язки організмів в екосистемах

Велике значення для підтримки стабільності екосистеми мають різні форми взаємодії живих організмів. У біоценозах спостерігається кілька видів симбіозу (форм співіснування двох видів).

Найбільш поширеними формами взаємодії є конкуренція, хижацтво, мутуалізм, паразитизм та коменсалізм. Кожен із видів живих організмів пов'язаний із багатьма іншими видами. Навіть на прикладі людини можна продемонструвати всі можливі варіанти взаємодії. Скажімо, людина конкурує зі шкідниками сільського господарства за харчові ресурси. А міські ластівки по відношенню до людини є коменсалами, бо використовують будинки для розміщення своїх гнізд.

Причини порушення стабільності екосистем

Здатність до саморегуляції екосистем теж має певні межі. Якщо вплив якогось фактора є надто великим, динамічна рівновага в екосистемі порушується. Це може призвести до руйнування екосистеми й вимирання багатьох видів.

Причини таких порушень — вплив будь-якого з екологічних факторів: абіотичного, біотичного чи антропогенного. Наприклад, виверження вулкана може просто знищити екосистему окремої території. Так, 1883 року

виверження вулкана Кракатау знищило екосистему острова, на якому він розміщується.

Біотичними факторами, які порушують рівновагу в екосистемах, часто ставали нові групи, які виникали в процесі еволюції. Скажімо, виникнення голонасінних рослин призвело до того, що наприкінці палеозойської ери вони заселили значні площі суші, де не могли рости їхні попередники — спорові рослини — через нестачу вологи. Формування рослинного покриву і припинення ерозії спричинили різке зменшення надходження мінеральних речовин до річок і морів. Це призвело до негативного впливу на водні екосистеми і стало однією з допоміжних причин масового вимирання організмів.

Дія антропогенного фактора часто пов'язана із завезенням людиною в екосистему нових видів організмів. Наприклад, у давнину моряки часто залишали на островах кіз, щоб потім мати змогу поповнювати запаси м'яса, коли заходили на острів. Але без контролю хижаків кози швидко розмножувалися й виїдали всю рослинність островів. У результаті острови перетворювалися на пустелі.



www.shutterstock.com · 1829702321



www.shutterstock.com - 1938397858

Приклади штучних екосистем

Природні й штучні екосистеми

Екосистеми, які розглядалися до цього, є природними. Вони виникли й розвивалися без участі людини. Однак людина є складовою цих екосистем, хоча й здатна формувати власні екосистеми — штучні, насамперед для господарських цілей.

Штучні екосистеми часто розглядають як окремий тип екосистем (найбільш поширеними серед них є агроценози). Існувати без підтримки людини такі екосистеми не можуть. У них переважають організми одного виду, і вони не здатні до саморегуляції. Регуляцію цих систем здійснює людина, постійно вилучаючи із систем певні речовини (у разі споживання вирощеної в цих системах продукції). Тому ці речовини доводиться постійно поновлювати (до прикладу, вносити добрива).

Ключова ідея

Разом усі організми екосистеми утворюють складну цілісну систему, яка перебуває у стані динамічної рівноваги. Якщо вплив якогось фактора є надто великим, динамічна рівновага в екосистемі порушується. Штучні екосистеми часто розглядають як окремий тип екосистем (агроценози).

Перевірте свої знання

1. Чому незначні впливи на екосистему не призводять до її руйнації? 2. Які типи взаємодії існують між організмами в екосистемах? 3. Що таке паразитизм? 4. Порівняйте між собою на конкретних прикладах агроценоз і природний біоценоз. 5*. Поясніть, як дія антропогенного фактора може порушити рівновагу в екосистемі. Наведіть приклад. 6*. На конкретному прикладі поясніть, чому людина повинна постійно регулювати процеси в штучній екосистемі.

§ 57. Біосфера як цілісна система

Поміркуйте

Чи є на нашій планеті місця, де відсутні живі організми?

Згадайте

Які існують домени живих організмів?

Яка група організмів на нашій планеті є найбільш чисельною?

Біосфера

Поняття «біосфера» (від грец. *біос* — життя) запропонував 1875 року австрійський геолог Е. Зюсс. Учення про біосферу як особливу частину Землі, населену живими організмами, створив український учений В. І. Вернадський. Хоча, на його думку, уперше до цієї ідеї наблизився французький біолог Ж.-Б. Ламарк.

Біосфера не утворює окремої оболонки Землі, а є частиною геологічних оболонок земної кулі, заселених живими організмами. Вона займає верхню частину літосфери, усю гідросферу та нижній шар атмосфери. Це єдина глобальна екосистема вищого порядку.

Компоненти біосфери

Біосфера складається з чотирьох компонентів, які є важливими для її нормального функціонування.

Компоненти біосфери

Речовина	Опис	Приклади
Жива	Уся сукупність організмів на планеті Земля	Бактерії, рослини, тварини, гриби
Біогенна	Речовина, створена й перероблена живими організмами за всю історію біосфери	Вугілля, торф, осадові породи (крейда), кисень і вуглекислий газ атмосфери
Косна	Продукти й речовини, утворені без участі живих організмів	Базальт, граніт, нефрит
Біокосна	Створюється одночасно під впливом як неорганічних факторів, так і живих організмів. Живі організми відіграють у цьому процесі головну роль	Ґрунт, мул

Ноосфера

Володимири Вернадський ще в першій половині XX століття передбачав, що біосфера розвинеться в ноосферу (термін запропонували 1927 року французькі вчені Е. Леруа та П. Т. де Шарден). Спочатку Вернадський розглядав ноосферу (від грец. *ноос* — розум) як особливу «розумову» оболонку Землі, що розвивається поза біосферою. Однак згодом він дійшов

висновку, що **ноосфера** — це певний стан біосфери, за якого розумова діяльність людини стає визначальним фактором її розвитку.

Характерною рисою ноосфери є екологізація всіх сфер людського життя. До вирішення будь-яких проблем людина повинна підходити з позиції екологічного мислення, тобто збереження й поліпшення стану природного середовища.

Біосфера — глобальна екосистема

Біосфера має ієрархічну структуру. Окремі організми утворюють популяції. Декілька популяцій, що взаємодіють між собою, становлять біоценоз. Біоценози, які населяють певні біотопи, утворюють екосистеми. Біосфера — це екосистема вищого порядку, що поєднує будь-які інші екосистеми Землі. Для біосфери характерні всі властивості екосистем.

- Біосфера містить у собі живі організми, які населяють Землю, а також середовище їхнього існування: океани, сушу, атмосферу.

- У ній є всі компоненти трофічних ланцюгів: продуценти (автотрофи), консументи й редуценти (гетеротрофи).

- У ній існують відносно замкнені потоки речовини й енергії між біотичною й абіотичною частинами (колообіги речовин і енергії).

- Біосфера як екосистема має стабільність. Оскільки біосфера поєднує в собі всі екосистеми на планеті, її називають «глобальною» екосистемою.

Ключова ідея

Біосфера — це сукупність усіх біогеоценозів Землі, єдина глобальна екосистема вищого порядку. Ноосфера — це певний стан біосфери, за якого розумова діяльність людини стає визначальним фактором її розвитку. Основними компонентами біосфери є жива, біогенна, косна та біокосна речовини.

Перевірте свої знання

1. Що таке біосфера? 2. Що таке ноосфера? 3. Які компоненти входять до складу біосфери? 4*. На конкретних прикладах поясніть, як компоненти біосфери взаємодіють між собою. 5*. Спроби створити абсолютно ізольовану від біосфери штучну екосистему поки що закінчувалися невдачею. Такі екосистеми могли функціонувати лише досить короткий час. Які фактори могли призвести до таких невдач?

§ 58. Захист та збереження біосфери

Поміркуйте

Чому видам бажано жити в умовах біологічного оптимуму?

Згадайте

Як живі організми екосистем пов'язані між собою?

Які чинники можуть упливати на стабільність екосистеми?

Біорізноманіття

За визначенням, що запропонував Усесвітній фонд дикої природи (1989), біологічне різноманіття — це «вся різноманітність форм життя на Землі, мільйонів видів рослин, тварин, мікроорганізмів з їхніми наборами генів і складних екосистем, що утворюють живу природу».

Таким чином, біологічне різноманіття слід розглядати на трьох рівнях. Біологічне різноманіття на видовому рівні охоплює всю сукупність видів на Землі. У меншому масштабі біологічним різноманіттям можна вважати генетичну різноманітність видів, утворену як географічно віддаленими популяціями, так і особинами всередині однієї й тієї самої популяції. Біологічне різноманіття — це також розмаїття біологічних угруповань та екосистем, сформованих ними, і взаємодії між цими рівнями.

Значення біологічного різноманіття

Видове різноманіття є для людини джерелом усіляких природних ресурсів. Наприклад, вологі тропічні ліси з їхнім найбагатшим комплексом видів являють собою чудову різноманітність рослинних і тваринних продуктів, які можуть споживатися, використовуватися на будівництві та в медицині.

Генетична різноманітність необхідна будь-якому виду для збереження репродуктивної життєздатності, стійкості до захворювань, здатності до адаптації в умовах, що змінюються. Генетична різноманітність домашніх тварин і культурних рослин є особливо цінною для тих, хто працює над селекційними програмами з підтримки й поліпшення сучасних сільськогосподарських видів.



www.shutterstock.com - 1394070698



www.shutterstock.com · 1468511942



www.shutterstock.com · 1806275626

Тварини, занесені до Червоної книги України: чорний лелека, степовий байбак, зубр



www.shutterstock.com · 1961916049



www.shutterstock.com · 1457177909



www.shutterstock.com · 1728213814

Рослини, занесені до Червоної книги України: шафран весняний, валеріана дводомна, арніка гірська

Способи захисту та збереження біосфери

Для захисту й збереження біосфери використовують багато технологій. Для цього на різних рівнях (науковому, законодавчому, господарському тощо) уживають цілу низку заходів зі збереження як окремих видів, так і цілих екосистем. Проводять активну громадську роботу. Створюють переліки видів та угруповань, які потребують охорони.

Збереження біосфери неможливо забезпечити зусиллями лише однієї країни або кількох країн. Біосфера охоплює всю планету, порушення її в одному місці можуть мати тяжкі наслідки для різних регіонів. Наприклад, перелітні птахи можуть гніздватися на території Європи, а зимувати на території Африки. Якщо забезпечувати їх охорону виключно в місцях гніздування, то це не дасть ніяких результатів у випадку, коли птахи будуть знищуватися на території Африки або під час перельотів між місцями гніздування та зимівлі.

Важкими можуть бути наслідки екологічних катастроф у морських екосистемах. Забруднення океанічних вод у районі, наприклад, Мексиканської затоки може поширюватися із течією Гольфстрім аж до узбережжя Європи. А викидання пластикових відходів на території Азії й Америки створює велетенські сміттєві плями посередині Тихого океану.

Важливою проблемою для сучасного людства є забруднення атмосферного повітря викидами парникових газів. Ці гази (зокрема,

вуглекислий газ і метан) є наслідком спалювання та розкладання органічних речовин або відходами промислових процесів. І підвищення їх концентрації в атмосфері створює небезпеку для всіх екосистем планети через суттєві зміни клімату в результаті глобального потепління.

Для збереження біосфери необхідна координація дій на міжнародному рівні. Її здійснюють багато міжнародних організацій. Скажімо, Міжнародний союз охорони природи (МСОП) створений для збереження природних ресурсів.

Ключова ідея

Біологічне різноманіття — це вся різноманітність форм життя на Землі, мільйонів видів рослин, тварин, мікроорганізмів із їхніми наборами генів і складних екосистем, що утворюють живу природу. Видове різноманіття є для людини джерелом усіляких природних ресурсів. Існування людства є неможливим без збереження біорізноманіття.

Перевірте свої знання

1. Що таке біорізноманіття? 2. Навіщо охороняти біорізноманіття? 3. Яким чином екологічні проблеми одного регіону можуть вплинути на інші регіони планети? 4*. Чому проблема глобального потепління набула актуальності саме у XX столітті?

Назва закону	Автор	Основні тези
Закон піраміди енергій, правило екологічної піраміди, правило 10%	Р. Ліндемман	З одного трофічного рівня екологічної піраміди переходить на інший її рівень в середньому не більше 10 % енергії
Закон взаємодії екологічних чинників	О. Мітчерліх	У природі один екологічний чинник може впливати на інший, тому успіх виду в довкіллі залежить від взаємодії чинників
Закон обмежувального чинника	Ю. Лібіх	Найбільшу лімітуючу дію на організм, популяцію або угруповання справляють ті життєво важливі чинники зовнішнього середовища, кількість (концентрація) яких близька до мінімального критичного рівня
Закон біогенної міграції атомів	В. Вернадський	Міграція хімічних елементів на земній поверхні і в біосфері в цілому здійснюється або при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція), або ж відбувається в середовищі зумовлені живою речовиною

КОМПЕТЕНТІСНО ОРІЄНТОВАНІ ЗАВДАННЯ

1. Розподіліть наведені приклади екологічних факторів на три групи. Відшукайте в повсякденному житті приклади, що ілюструють вплив екологічних факторів на людину.

- 1) вирубка лісів
- 2) середньорічна температура повітря
- 3) чисельність хижаків
- 4) забруднення води побутовими стоками
- 5) кислотність ґрунту
- 6) швидкість течії річки
- 7) склад рослинності
- 8) обробка полів гербіцидами
- 9) чисельність проміжних хазяїв гельмінтів
- 10) розорювання угідь
- 11) спалювання сухоостою

2. Використовуючи мережу Інтернет та за допомогою технології SWOT-аналізу, промоніторте сильні та слабкі сторони, можливості та загрози Екологічних програм ООН.

Сильні сторони	SWOT- аналіз Екологічних програм ООН	Слабкі сторони
Можливості		Загрози

- Давньогрецький філософ, учений-енциклопедист Аристотель у свій час мовив: «Надлишок і нестача згубні для розважливості й мужності, а володіння серединою благотворне». Поясніть, як ви розумієте думку Аристотеля? Чи згодні ви з ним?
- Учені-біологи встановили, що в балтійській трісці на 1 кг маси вміст ртуті подекуди сягає 800 мг. Отже, якщо зісти 5-6 таких рибин, людина одержить стільки ртуті, скільки вміщується в медичному термометрі. До яких екологічних факторів можна віднести вплив ртуті на організм? Які ознаки отруєння ртуттю? Яку домедичну допомогу потрібно надати постраждалому в разі отруєння ртуттю?
- Джеральд Даррелл — британський зоолог, засновник Джерсійського тресту збереження диких тварин у своїх наукових працях писав: «Тварини й рослини — своєрідний барометр. Якщо раптово виявляється, що тварини й рослини зникають, то це попередження: з екосистемою негаразд». Чи погоджуєтеся ви з думкою науковця? Наведіть приклади на основі ланцюгів живлення.

6. Проаналізуйте текст і дайте відповіді на запитання.

У 1991 році в пустельному районі штату Аризона було споруджено комплекс ізольованих від зовнішнього середовища приміщень зі скляним дахом і стінами. У середині будівлі було вкомпактовано п'ять з'єднаних між собою екосистем: вологий тропічний ліс, савана, пустеля, болото й море (басейн завглибшки 8 м із живим кораловим рифом). Сюди ж було переселено 3800 представників тваринного та рослинного світу. Так розпочався найбільший штучний експеримент, що отримав назву «Біосфера - 2». Метою експерименту було створення мінібіосфери, що нагадувала б живу оболонку Землі й підтримувала сталість основних життєво важливих чинників.

- Дослідіть, як закінчився експеримент?
- Чи можуть комп'ютерні технології скерувати збалансовані процеси Землі?
- Які висновки можна зробити на основі отриманих результатів експерименту «Біосфера -2»
- Чому вислів Дж. Неймана: «Організація системи нижче від певного мінімального рівня призводить до погіршення її якості» вдало підкреслює висновки експерименту?

7. Порівняйте між собою екосистеми Африки.

Назва екосистеми	Пустеля	Вологі екваторіальні ліси
Місце розташування		
Видове біорізноманіття		
Особливості клімату		

Тема 9. Різноманітність біоти України та принципи і підходи до її збереження

§ 59. Природні зони України

Поміркуйте

Що обумовлює неоднорідність клімату у різних куточках земної кулі?

Згадайте

Які існують типи життєвих форм організмів?

Наведіть приклади представників різних життєвих форм і поясніть, яким умовам середовища існування відповідає той чи тип життєвої форми.

Особливості території України

Біота України нараховує понад 70 тис. видів, із яких флористичне різноманіття представлено 27 тис. видів, а фауністичне — 45 тис. видів. Територія України займає менше 6 % площі Європи, але Україна володіє приблизно третиною європейського біорізноманіття. Причина цього — особливості розташування території України. По-перше, через територію України проходять міграційні шляхи багатьох видів. По-друге, територія країни знаходиться на перехресті декількох природних зон.

Вивчення природних зон

Вивчення різних природних зон, накопичення і систематизація даних стосовно їх видового різноманіття, специфіки життєвих форм було розпочато відомим натуралістом і мандрівником А. Гумбольдтом ще в 1807 році. Разом із тим, тільки в 1899 році відомий український науковець В. Докучаєв розробив цілісне вчення про природні зони. Основою цього вчення є той факт, що всю поверхню земної кулі можна розділити на певні зони. У межах кожної з них спостерігаються більш-менш однакові кліматичні, геоморфологічні, геологічні, гідрологічні умови, ґрунти і рослинний покрив. Багато назв природних зон відповідають типу рослинності, що переважає у структурі рослинного покриву і віддзеркалює найважливіші особливості ландшафту в цілому (наприклад, лісова зона, степова зона, зона саван).

Природні зони, як правило, витягнуті в широтному напрямку (наприклад, як на території України). Іноді під впливом особливостей рельєфу (наприклад, за наявності гірських систем) їх розташування змінюється на меридіональне. Загалом у горах спостерігається таке явище, як висотна поясність, обумовлене зміною фізико-географічних характеристик зі збільшенням висоти над рівнем моря. Висотні пояси є частковим аналогом природних зон.

Різноманіття природних зон

Усю територію України можна розділити на декілька зон. У широтному напрямку з півночі на південь ідуть Українське Полісся, Лісостеп, Степ. У західній частині країни знаходяться Українські Карпати. На півдні країни окремо виділяється Гірський Крим і зона Чорного та Азовського морів. Насамперед зони відрізняються одна від одної співвідношенням тепла и вологи. Як нестача, так и надмір останніх визначає особливості тієї чи іншої зони.

Для різних частин території України властиві доволі значні відмінності в температурному режимі, вологості повітря, тривалості вегетаційного періоду тощо. З одного боку, це викликано значною її протяжністю з півночі на південь і із заходу на схід. З іншого — регулярним чергуванням впливу вологого атлантичного повітря із заходу і сухого континентального зі сходу в умовах переважно рівнинній території. Хоча для України середні показники температури повітря найхолоднішого місяця (січня) становлять -1° — -6°C , а найтеплішого (липня) — складають $+19^{\circ}$ — $+23^{\circ}\text{C}$, вони істотно змінюються по регіонах країни. Наприклад, морозний період (температура повітря нижче 0°C) коливається від 1 місяця на півдні до 4 місяців на півночі.

Нерівномірно розподіляються й опади. Найбільше їх випадає на заході — до 800 мм на рік, у той же час на сході не перевищує 500 мм. У посушливі роки кількість опадів значно знижується на всій території України, але в лісостепових районах лише до 250–350 мм, в той час як у прибережних районах Азовського і Чорного морів становить менше 100 мм.

Наведені вище відмінності кліматичних показників разом із неоднорідністю геоморфологічної будови обумовлюють неоднорідність ґрунтового і рослинного покриву в різних регіонах України. У лісостеповій і степових зонах України поширені чорноземні ґрунти, що сформувалися під трав'янистою рослинністю на карбонатних лесових породах. Їхня висока родючість обумовлена тим, що завдяки невеликій кількості опадів поживні речовини, які утворюються із залишків рослин, не вимиваються і накопичуються в ґрунті. На півдні Причорноморської низовини і в північній частині Степового Криму, де кліматичні умови посушливі, поширені менш родючі темно-каштанові і каштанові ґрунти. А от буропідзолисті ґрунти Прикарпаття мають невисоку природну родючість.



Природні зони України

Зональна рослинність

Основними типами зональної рослинності є лісова і степова. Загальна площа лісів в Україні становить приблизно 10 млн гектарів (14 % її території). Найбільшою є лісистість в Українських Карпатах (40,5 %) і Кримської горах (32 %). У природних зонах рівнинної частини цей показник закономірно зменшується з півночі на південь від 26,1 % до 3,8 % (у степовій зоні). У лісах майже 90 % площі приходить на сосну, ялину, бук, дуб. Соснові ліси займають великі площі на Поліссі, а також у долинах річок Лісостепу і Степу. Як правило, вони ростуть на піщаних, бідних поживними речовинами ґрунтах. На кращих ґрунтах поширені дубово-соснові ліси. Крім того, згаданих вище дерев, лісоутворювальними породами є граб, липа, декілька видів кленів, берез, тополь, вільх тощо. Природні ділянки степової рослинності зберіглася переважно по схилах балок, а також у передгір'ях Криму і на піщаних косах Азово-Чорноморського узбережжя. Серед трав панують злаки –декілька видів ковил, костриць, тонконіг вузьколистий та інші. Ділянки цілинних степів, що вирізняються найбільшим видовим різноманіттям рослинних угруповань, у порівнянні з іншими типами рослинності, охороняються у заказниках, заповідниках, національних природних парках.

Ключова ідея

Згідно з кліматичними, геоморфологічними, геологічними, ґрунтовими гідрологічними особливостями, специфікою рослинного покриву, уся територія Землі розподілена на природні зони. Територія України є перехрестям декількох природних зон. Це обумовлено різноманітністю фізико-географічних умов у різних частинах країни і є підґрунтями ландшафтного і біологічного різноманіття.

Перевірте свої знання

1. Які природні зони можна виділити у межах території України? 2. Поясніть, на підставі чого проводиться зонування території.

Цікаво знати

Територія України витягнута із заходу на схід на 1316 км і з півночі на південь на 893 км, лежить приблизно між $52^{\circ} 20'$ та $44^{\circ} 23'$. Україна посідає 46-те місце у світі за величиною загальної площі країни (603 548 км²). На територію України припадає 5,7 % території Європи і 0,44 % території світу. За цим показником вона є другою за величиною серед країн Європи. Площа території України трохи менша за площу території американського штату Техас. На суходіл припадає 579 330 км², а на поверхню внутрішніх вод — 24 220 км².

Деякі рослини (тис ягідний, рододендрон жовтий, сосна кедрова) збереглися без змін протягом декількох геологічних епох і зараз зустрічаються на території України. Такі рослини, які нині живуть у деякій невідповідності із сучасними умовами існування, називають реліктовими.

§ 60. Червона та Зелена Книги України

Поміркуйте

Як люди можуть дізнатися про те, який вид є рідкісним і його не можна, наприклад, збирати на букети, або заготовляти як лікарську сировину?

Згадайте

Дайте визначення поняття «антропогенні фактори» і згадайте якомога більше таких факторів.

Проблема впливу людини на навколишнє середовище

В останнє століття господарська діяльність людини значною мірою урізноманітнилася, а її вплив на природні екосистеми постійно зростає. Існує багато факторів негативного впливу людини на природні екосистеми: розорювання, перевипасання, зміна гідрологічного режиму, викидання хімічних відходів, заготівля деревини, збір грибів, полювання, розпилювання інсектицидів, меліорація, залісення степових схилів тощо. Необхідно зауважити, що негативний вплив людської діяльності може бути не лише прямим, а й опосередкованим. Усі фактори впливу можна певним чином розділити на три основні групи (мал. 60.1).

Фактори впливу людини на природне середовище		
знищення і трансформація	надмірна експлуатація	забруднення

Мал. 60.1. Головні фактори впливу людини на природне середовище

Однією зі складових політики України є збереження і раціональне використання природних ресурсів, запобігання руйнації природних екосистем, охорона найбільш цінних природних комплексів. Природоохоронна діяльність керується Конституцією України, законами України «Про природно-заповідний фонд України», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про рослинний світ», «Про тваринний світ», «Про Червону книгу України», і іншими нормативними документами

Червона книга України

Червона книга має таку структуру. Кожному виду присвячена окрема стаття. Стаття починається з української і латинської (наукової) назв виду (за потреби також можуть наводитися синонімічні назви, що використовуються в наукових і науково-популярних виданнях). Кожна стаття містить стислий опис виду і його світлину, щоб читач міг скласти певне уявлення про цей вид, висвітлено аспекти практичного використання. У статті представлена інформація про наукове значення виду; загальний ареал і ареал у межах України; дані щодо чисельності і структури популяцій. Для кожного виду надається також аналіз причин, чому він зник, зникає або просто потребує охорони; описано режим збереження і можливі заходи охорони; наводиться природоохоронний статус виду: зниклий, зниклий у природі, зникаючий, вразливий, рідкісний, неоцінений, недостатньо відомий.

Зниклими вважаються види, про які відсутня будь-яка інформація про їх наявність у природному середовищі або штучних умовах. Відповідно, зниклими в природі вважаються види, що більше не зустрічаються в природному середовищі в Україні, але вирощуються у спеціально створених умовах. У випадку, коли спостерігається скорочення ареалу виду або зниження його чисельності, тобто існує пряма загроза зникнення, вид є

зникаючим. **Вразливими** є такі види, для яких наразі відсутня пряма загроза зникнення, але є висока вірогідність того, що їхні популяції в майбутньому скоротять чисельність під дією негативних факторів.

Рідкісними вважаються види, для яких відомо лише невелике число місцезнаходжень, де популяції хоча і відносно стабільні, але з певних причин малочисельні. Види, про стан популяцій яких недостатньо інформації, розподіляються за двома групами: неоцінені і недостатньо відомі.

Усі статті розподілені за розділами, сформованими за систематичним принципом, що об'єднують види різних відділів, класів чи інших одиниць високих таксономічних рангів. Роди в межах родин і види в межах родів розміщені в алфавітній послідовності. Виявлення місць концентрації видів із Червоної книги України та територій, що характеризуються найбільшим біорізноманіттям, дозволяє складати наукові обґрунтування для створення нових об'єктів природно-заповідного фонду.

Зелена книга України

Зелена книга України теж є одним з офіційних природоохоронних документів. На відміну від Червоної книги, вона акцентує увагу не на охорону окремих видів, а на збереження біологічного різноманіття в цілому в межах певного рослинного угруповання.

У Зеленій книзі надані відомості не лише про сучасний стан рідкісних і тих, що знаходяться під загрозою зникнення рослинних угруповань, які вимагають особливого режиму їх використання, але і типових природних угруповань, які теж повинні охоронятися. Охорона цих угруповань передбачає збереження їх природної структури, підтримання на відповідному рівні стану популяцій рідкісних видів рослин і умов їхнього середовища існування. Зелена книга України містить 126 рідкісних і типових рослинних угруповань, що потребують охорони.

Перше видання книги відбулося в 1987 році, друге — у 2002 році, третє — у 2009-му.

Основними критеріями категоризації рідкісних, унікальних і типових фітоценозів є такі: історичний вік фітоценотипів, характер їх географічного поширення і динаміки ареалів у сучасних кліматичних умовах, потенціальна здатність фітоценозів до природного відновлення і їх ценотична стабільність, рідкісність видового складу і морфоструктури та їх екологічної приуроченості, наукове значення для вирішення фітоісторичних, ботаніко-географічних та інших наукових завдань, еталонне значення для лісового, сільського та інших галузей народного господарства.

Ключова ідея

Червона книга України і Зелена книга України є офіційними державними документами. Перша містить інформацію про окремі види рослин, грибів, тварин, які потребують охорони на державному рівні. На відміну від Червоної книги, Зелена книга звертає увагу на охорону не окремих видів, а цілісних рослинних угруповань, що знаходяться під загрозою зникнення, є рідкісними або типовими, але всі вони підлягають охороні. Червона книга України і Зелена книга України є основою для розробки охоронних заходів щодо збереження, відтворення та використання занесених до неї відповідних об'єктів охорони.

Перевірте свої знання

1. Поясніть, чому Червона книга України час від часу перевидається і чим різняться ці видання. 2. Пошукайте в інтернеті короткі відео, які ілюструють приклади позитивного і негативного впливу людської діяльності на стан і сталість екосистем, окремі види і їх угруповання. Проаналізуйте відеоматеріал і зробіть висновки стосовно того, як та чи інша людська діяльність впливає на природне біорізноманіття.

Цікаво знати

Перше однотомне видання Червоної книги України було у 1980 р. Воно містило всього 85 видів тварин і 151 вид судинних рослин. Друге видання було вже двотомним: перший том «Тваринний світ» вийшов у 1994 р., другий том «Рослинний світ» — у 1996 р., і містили вони, відповідно, 382 і 541 вид, що потребував охорони. Третє видання (2009 р.) теж двотомне і містить уже 542 види тварин і 826 видів рослин і грибів.

§ 61. Природно-заповідний фонд України. Основи заповідної справи

Поміркуйте

На підставі аналізу яких критеріїв виявляють території, що є перспективними для збереження біорізноманіття?

Згадайте

На підставі яких нормативних документів повинна здійснюватися природоохоронна діяльність?

Що таке природно-заповідний фонд

Природно-заповідний фонд України об'єднує ділянки суші і водного простору, а також природні комплекси і окремі об'єкти, що мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність. Метою виявлення і підтримання в належному стані таких територій (акваторій) і об'єктів є збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, а також підтримання загального екологічного балансу та забезпечення моніторингу.

На 01.01.2020 природно-заповідний фонд України має у своєму складі 8512 території та об'єктів загальною площею 4,418 млн га в межах території

України (фактична площа 4,085 млн. га) та 402500,0 га в межах акваторії Чорного моря. За роки незалежності площа природно-заповідного фонду України зростає більш ніж удвічі. Відношення фактичної площі природно-заповідного фонду до площі держави («показник заповідності») становить 6,77 %.

Призначення природоохоронних територій

Функціональне призначення природоохоронних територій, що входять до складу природно-заповідного фонду України, різноманітне. Перш за все, це захист видів, які знаходяться під загрозою зникнення або є вразливими, підтримка чи покращення умов міграції видів та/або генетичного обміну між видами, забезпечення взаємозв'язку з сусідніми транскордонними територіями. З іншого боку це підтримка, відновлення чи розширення ареалів природного існування певних видів, що зменшилися внаслідок антропогенного пресу. Також це може бути підтримка або відновлення сталості біоценозів, підтримка чи покращення гідрологічних функцій, екологічної якості певних біогео- або біогідроценозів, або захист цінних ландшафтних форм.

Структура природно-заповідного фонду

Усі природні території та об'єкти розподіляються за такими категоріями: природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. Заказники, пам'ятки природи, ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки та парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва залежно від їх екологічної і наукової, історико-культурної цінності можуть бути загальнодержавного або місцевого значення.

До природних територій і об'єктів належать природні заповідники та біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки і заповідні урочища, заказники, пам'ятки природи. Природні заповідники та біосферні заповідники — природоохоронні, науково-дослідні установи загальнодержавного значення, що створюються з метою збереження в природному стані типових або унікальних для даної ландшафтно-ї зони природних комплексів з усією сукупністю їх компонентів або найбільш типових природних комплексів біосфери (у випадки біосферного заповідника), вивчення природних процесів і явищ, що відбуваються в них, здійснення фонових екологічних моніторингу, виявлення змін навколишнього природного середовища під дією антропогенних факторів,

розробки наукових основ охорони навколишнього середовища, ефективного використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Національні природні парки також є природоохоронними науково-дослідними установами загальнодержавного значення, але вони ще й виконують рекреаційні і культурно-освітніми функції. Такі НПП створюються з метою збереження, відтворення й ефективного використання природних комплексів та об'єктів, які мають особливу природоохоронну, оздоровчу, історико-культурну, наукову, освітню та естетичну цінність.

Регіональні ландшафтні парки і заповідні урочища, на відміну від попередніх категорій, не є науково-дослідними установами, але вони теж створюються з метою збереження в природному стані типових або унікальних природних комплексів. Об'єктами охорони тут є лісові, степові, болотні та інші відокремлені цілісні ландшафти, що мають важливе наукове, природоохоронне і естетичне значення. Регіональні ландшафтні парки так само, як і національні природні парки, повинні забезпечувати умови для організованого відпочинку населення.

Заказники — природні території (акваторії), мета створення яких — збереження і відтворення природних комплексів чи їх окремих компонентів. Заказники можуть бути ботанічними, де основним об'єктом охорони є саме фітобіота. У випадку, коли основним об'єктом охорони є зообіота (або конкретна група тварин), можуть бути створені загальнозоологічні заказники або орнітологічні чи ентомологічні. Зрозуміло, якщо охороняються рослини, це позитивно впливає на комах-запилювачів і навпаки, у межах ентомологічного заказника охороняються і рослини. Охороняється орнітофауна певної території, відповідно, охороняється середовище її існування, тобто і присутні там рідкісні рослини. Об'єктом охорони можуть бути джерело або геологічні утворення, тому існують гідрологічні і геологічні заказники. Для збереження у природному стані окремих унікальних природних утворень, що мають особливе природоохоронне, наукове, естетичне і пізнавальне значення, існують пам'ятки природи. Такою пам'яткою природи може бути, наприклад, старовікове дерево дуба.

Штучно створені об'єкти природно-заповідного фонду

До створених штучно об'єктів природно-заповідного фонду належать пам'ятники садово-паркового мистецтва, дендрологічні і зоологічні парки, ботанічні сади. Пам'ятники садово-паркового мистецтва — це найбільш видатні і цінні зразки паркового будівництва з метою охорони їх і використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях.

Призначення дендрологічних парків — збереження і вивчення у спеціально створених умовах різних видів дерев і чагарників та їх композицій для найбільш ефективного наукового, культурного, рекреаційного та іншого використання. Схожі функції виконують ботанічні сади — збереження, вивчення, акліматизація, розмноження у спеціально створених умовах рідкісних і типових видів місцевої і світової флори шляхом створення, поповнення та збереження ботанічних колекцій. Як ботанічні сади, так і зоологічні парки створюються також для ведення наукової, навчальної та освітньої роботи. Призначення зоологічних парків — створення експозицій рідкісних, екзотичних та місцевих видів тварин, збереження їх генофонду, вивчення дикої фауни і розробки наукових основ її розведення в неволі.

Ведення природоохоронної діяльності вимагає централізованого управління; координації дій, зацікавленості і відповідальності органів управління, фахівців, землекористувачів, громадськості; використання наукового обґрунтування при плануванні і проведенні природоохоронних заходів; обов'язкового інформування громадськості про стан природоохоронної діяльності; необхідності обліку представників раритетної складової біоти і моніторингу; відповідності міжнародним вимогам. Інвентаризацію сучасного стану раритетної частини біоти можна розглядати як один із основних етапів її збереження та відновлення.

Ключова ідея

Для України притаманне значне біотичне різноманіття, але більшість видів тварин, рослин, грибів поширені по її території нерівномірно. Існують центри концентрації природного біорізноманіття, а також центри концентрації найбільшої кількості рідкісних видів. Одним із найважливіших напрямків природоохоронної діяльності є виявлення таких центрів і їх збереження. Для охорони цінних об'єктів, як живої, так і неживої природи створена мережа спеціальних природоохоронних територій, що є складовими природно-заповідного фонду України.

Перевірте свої знання

1. Опишіть загальну структуру природно-заповідного фонду України. 2. Поясніть, на яких засадах повинна проводитися природоохоронна діяльність.

Цікаво знати

Наука, що займається охороною природних комплексів і їх окремих складових, називається **созологія**. У межах останньої виникли різні напрямки, наприклад, **фітосозологія** — вчення про закономірності охорони видів рослин і фітоценозів в екосистемі. Уперше як самостійний термін «созологія» був запропонований польським біологом Влодзимежем Міхайловим у 1965 році.

§ 62. Національні парки, біосферні та природні заповідники

Поміркуйте

Чи існують такі функції, що можуть виконувати всі природоохоронні території і об'єкти, незалежно від категорії, до якої вони відносяться?

Згадайте

Яка основна мета створення національних природних парків, природних і біосферних заповідників?

Основні завдання національних парків та заповідників

Усі національні парки, біосферні та природні заповідники є природоохоронними науково-дослідними установами, що входить до складу природно-заповідного фонду України і мають загальнодержавне значення. Завдання, науковий профіль, особливості природоохоронного режиму та характер функціонування цих установ визначаються у відповідному юридичному документі — Положенні. Межі національних парків і заповідників наносяться на відповідні планово-картографічні матеріали і визначаються на місцевості відповідними державними знаками та інформаційними матеріалами.

Національні парки, біосферні та природні заповідники, як правило, мають доволі велику площу (декілька тисяч або навіть десятків тисяч гектарів). Іноді до їх складу входить декілька окремих відділень, що можуть бути розташовані на певній відстані одне від одного. Так, наприклад, у складі Українського степового природного заповіднику аж чотири відділення: Хомутовський степ, Кам'яні могили, Крейдова флора, Михайлівська цілина.

Основними завданнями цих науково-дослідних установ є:

- підтримання загального екологічного балансу в регіоні, збереження та відтворення цінних природних, історико-культурних комплексів і об'єктів на його території, а також збереження генофонду рідкісних, занесених до Червоної книги України та типових рослин і тварин;
- проведення наукових досліджень і спостережень, спрямованих на розробку наукових основ охорони, збереження і відновлення біоценозів, здійснення фонових моніторингу навколишнього природного середовища в регіоні, вивчення змін екосистем під дією природних і антропогенних факторів
- забезпечення охорони його території (у тому числі протипожежної охорони) з усіма природними об'єктами і додержання відповідного режиму території;
- розвиток екотуризму, проведення екологічної освітньо-виховної роботи тощо.

Для виконання таких завдань відповідно до природоохоронного законодавства на території заповідника виділяються такі зони: заповідна, буферна, регульованого заповідного режиму, антропогенних ландшафтів, а зонування національного природного парку передбачає окрім заповідної зони наявність зони рекреації і господарчої зони. Функціональне зонування визначаються спеціальним Проектом організації території. Саме у межах заповідної зони, як правило, розташовані найбільш цінні природні комплекси, які підлягають збереженню у природному стані. Інші зони використовуються для дослідження змін природного середовища під дією антропогенних факторів для прогнозування віддалених наслідків втручання людини в природу.

Наукові дослідження

Наукові дослідження, що проводяться в національних природних парках і заповідниках, насамперед спрямовані на проведення інвентаризаційних робіт по виявленню і вивченню різноманітності флори, рослинності, фауни заповідників і парків (мал. 62.1). Особлива увага приділяється вивченню регіонально рідкісних видів і тих, що занесені у Червону книгу України, рослинних угруповань із Зеленої книги України. Моніторинг стану фіто- і зообіоти, екосистем і їхніх компонентів, зокрема, ґрунтового покриву, поверхневих і ґрунтових вод, фенологічні дослідження, ведення календаря природи передбачає багаторічні комплексні спостереження. Результати досліджень і спостережень щорічно оформлюються у вигляді окремих томів наукового звіту, що має назву «Літопис природи» і є основною формою узагальнення значного обсягу різноманітних даних.

Наукові дослідження можуть проводити як учені, що працюють у заповідниках, і національних природних парках, так і зацікавлені фахівці з інших організацій і установ України або із-за кордону. Традиційною є практика запрошувати для проведення досліджень волонтерів — школярів і школярок, студентів і студенток, усіх бажаючих долучитися до цієї роботи, ближче познайомитися рослинами, грибами, тваринами і їх середовищем існування (мал. 62.2). Така взаємодія є частиною еколого-освітньої роботи.

Еколого-освітня робота

Загалом еколого-освітня робота передбачає підвищення рівня екологічної культури і екологічної інформованості населення і спрямована на популяризацію екологічних знань; розробку і впровадження нових форм і методів екологічної освіти та виховання; організацію і проведення

екологічних акцій, конкурсів, семінарів і інших заходів; формування фото-, слайдо-, кіно-, відеотек тощо.

Ключова ідея

Національні парки, біосферні та природні заповідники сприяють збереженню на значній території ландшафтного і біологічного різноманіття. Вони є науково-дослідними установами, тому здійснюють комплексні наукові дослідження природних комплексів і їх окремих компонентів. Невід'ємною складовою їхньої діяльності є еколого-освітня робота.

Перевірте свої знання

1. За якими принципами проводиться зонування території у національних природних парках і заповідниках? 2. Яке функціональне призначення кожної зони? 3. На що спрямована еколого-освітня робота, яка здійснюється працівниками національних природних парків і заповідників?



www.shutterstock.com · 1165757872

Мал. 62.1. Проведення наукових досліджень – одне із завдань заповідників і національних природних парків

<https://www.shutterstock.com/image-photo/man-woman-scientist-environmentalist-standing-river-1165757872>



www.shutterstock.com · 2028982490

Мал. 62.2. Залучення волонтерів для вивчення природних комплексів заповідників і національних природних парків

<https://www.shutterstock.com/image-photo/group-curious-school-children-notebooks-listening-2028982490>

§ 63. Заказники та пам'ятки природи

Поміркуйте

Чи є принципова різниця між заповідниками і заказниками?

Згадайте

Які існують типи заказників?

Поясніть, яка різниця між пам'ятками природи і пам'ятниками садово-паркового мистецтва.

Основні завдання заказників та пам'яток природи

Заказники і пам'ятки природи — складові природно-заповідного фонду України. Залежно від екологічної, наукової, історико-культурної цінності вони можуть бути загальнодержавного або місцевого значення. (Наприклад, ботанічна пам'ятка природи загальнодержавного значення «Урочище Пристени» або ботанічний заказник загальнодержавного значення «Вовчанський».) Цінність заказника, наприклад, може бути обумовлена тим, що його територія знаходиться на межі природних зон, або є місцезнаходженням популяцій багатьох цінних степових рослин і тварин, або являє собою мальовничий ландшафтний комплекс заплави, що має значне водоохоронне значення, або є місцем, де гніздяться або зупиняються під час міграцій цінні водно-болотні види птахів, або його створено з метою охорони лісових масивів тощо.

Хоча заказники і пам'ятки природи не є науково-дослідними установами, для кожного з них у нормативних документах встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання, що враховується при розробці регіональних та інших планів, проєктів, схем із розвитку будівництва, землевпорядкуванні тощо. Функцію охорони їх території здійснюють землевласники або землекористувачі, нагляд за збереженістю об'єктів охорони покладено на органи місцевого самоврядування та виконавчої влади.

Оскільки метою створення заказників і пам'яток природи може бути охорона тільки одного компонента природного комплексу або їх сукупності (мал. 63.1). Площа заказників і пам'яток природи може варіювати у значних межах — від 100 м² до кількох десятків (сотень) гектарів. Територія заказників і пам'яток природи наноситься на відповідні планово-картографічні матеріали, а на місцевості її межі позначаються спеціальними державними знаками. Дозволяється використання території в оздоровчих, рекреаційних і освітньо-виховних цілях, здійснення обмеженої господарської діяльності, проведення науково-дослідних робіт з додержанням встановленого режиму території.

Залежно від специфіки об'єкту охорони для певних типів заказників і пам'яток природи дуже різняться основні завдання цих складових природно-

заповідного фонду. Основними завданнями заказника може бути, наприклад, збереження цінних природних комплексів (лісових масивів, ділянок справжніх степів, відслонень крейди тощо); збереження генофонду рослинного та тваринного світу; забезпечення охорони та раціонального використання природних ресурсів. Завданнями іхтіологічного або загально зоологічного заказника можуть бути збереження та відновлення чисельності видів тварин (риб, земноводних, плазунів, птахів, ссавців) всіх видів, в тому числі занесених до Червоної книги України; охорона місць розмноження видів диких тварин; проведення регулярних обліків чисельності тварин, з метою виявлення можливості розселення їх в інші місця (відновлення ареалів). Пам'ятка природи (так само як і заказник) передбачає проведення екологічної освітньо-виховної роботи, зокрема, використання території як навчальної бази для студентів вищих навчальних закладів, технікумів, а також для екскурсій учнів шкіл.

Обмеження діяльності

На території заказників і пам'яток природи забороняється будь-яке забруднення та засмічення території; будь-яке будівництво, не пов'язане з охороною території; організація таборів, місць відпочинку та купання, стоянок автотранспорту, розведення вогнищ поза межами місць, спеціально відведених для цього; розвідувальні, підривні роботи, розробка всіх видів корисних копалин, будь-яке порушення ґрунтового покриву та форм рельєфу (мал. 63.2). За наявності на території деревних ценозів, наприклад, забороняються не тільки рубки головного користування і прохідні рубки, але будь-яке пошкодження дерев, чагарників та інших рослин; турбування або знищення чи відлов усіх видів тварин, пошкодження їхніх жител, нір, гнізд інших сховищ та домівок. Навіть забороняється знаходження на території з усіма видами вогнепальної зброї, знаряддями лову тварин.

На території заказників і пам'яток природи також заборонено збір рідкісних та занесених до Червоної книги України видів рослин, їх квітів та плодів; випас та прогін худоби; інтродукція нових видів рослин і тварин без відповідних, узгоджених у встановленому порядку наукових обґрунтувань та погоджень Мінприроди. Разом із тим, закон дозволяє науковий відлов тварин (комахи, молюсків, риб, земноводних, плазунів, птахів, ссавців) та збір рослин для наукових досліджень, поновлення наукових колекцій; відстріл бродячих свійських та, за потреби, хижих диких тварин; рибальство у літньо-осінній період на спеціально відведених для цього місцях.

Таким чином, на території заказників і пам'яток природи дозволяється така діяльність, що не суперечить меті створення та завданням. Вона повинна

здійснюватися відповідно до наукових обґрунтувань, розроблених профільними науковими або науково-дослідними установами, організаціями з додержанням режиму території.

Ключова ідея

Заказники і пам'ятки природи не є спеціальними науково-дослідними установами. Залежно від екологічної, наукової, історико-культурної цінності, вони можуть бути загальнодержавного або місцевого значення. Метою їх створення може бути охорона тільки одного компонента природного комплексу або їх сукупності. Площа заказників і пам'яток природи варіює у значних межах — від 100 м² до кількох десятків (навіть сотень) гектарів. Переважна більшість заказників сприяє збереженню різноманіття біоти, екосистем, а деякі навіть збереженню ландшафтного різноманіття.

Перевірте свої знання

1. Що спільного і чим різняться такі об'єкти природно-заповідного фонду як національний природний парк, заповідник, заказник, пам'ятка природи? 2. Які існують типи заказників залежно від того, що є пріоритетом охорони на їх території?



www.shutterstock.com · 1687614868



www.shutterstock.com · 1582792438

Мал. 63.1. Пам'яткою природи може бути окреме дерево або геологічне утворення



www.shutterstock.com • 1803423682

Мал. 63.2. На території заказників і пам'яток природи вводиться система заборон і обмежень

§ 64. Збереження біорізноманіття в штучних умовах

Поміркуйте

Не викликає сумнівів, що режим заповідання сприяє збереженню типових і рідкісних організмів, їх угруповань і середовищ їхнього існування. Яким чином ще можна запобігти втратам біорізноманіття і сприяти його відновленню?

Згадайте

Який внесок у науку зробив М. І. Вавілов? Поясніть, чому його вважають піонером створення колекцій насіння культурних рослин.

Потреба збереження біорізноманіття у штучних умовах

Чимало видів у природних екосистемах знаходяться під загрозою зникнення, що, своєю чергою, може призвести до зниження біорізноманіття. Важливу роль у вирішенні цієї проблеми відіграють ботанічні сади і зоопарки, які є унікальним мегаресурсом генофонду рослин і тварин (мал. 64.1 і 64.2). Одним із завдань ботанічних садів і зоопарків є утримання й розведення рідкісних видів у штучних умовах для створення резервних популяцій. Такі резервні популяції є джерелом реінтродукції (повернення) рослин і тварин у місця, де вони колись існували, а потім з певних причин зникли.

Ботанічні сади та зоопарки

На території України існує кілька десятків ботанічних садів як місцевого, так і загальнодержавного значення. Поміж останніми є Національний ботанічний сад імені М. Гришка Національної академії наук України, Ботанічний сад імені О. Фоміна Київського національного

університету імені Тараса Шевченка, Ботанічний сад Харківського національного університету імені В. Каразіна та інші. За різноманітністю колекцій живих рослин, масштабами території, рівнем наукових досліджень Національний ботанічний сад імені М. Гришка займає одне з провідних місць серед найбільших ботанічних садів Європи. Унікальний колекційний фонд ботанічного саду налічує більше 13 000 таксонів, що відносяться до 220 родин та 1347 родів.

Найбільш відомими і обладнаними згідно із міжнародними вимогами щодо утримання тварин у штучних умовах є зоопарки у Києві і Харкові. У 2009 році Київському зоопарку виповнилося 100 років. За свою вікову історію (заснований 1908 році) зоопарк пройшов шлях від громадського звіринця до одного з найбільших за територією зоологічних парків Європи, розташованих в межах міста. Колекція тварин Київського зоопарку налічує 369 видів, що становить 3010 особин (без урахування домашніх видів і кормових тварин).

Ботанічні сади і зоопарки України дуже різняться за складом і станом своїх колекційних фондів. Поповнення колекцій новими зразками відбувається як за рахунок обміну між цими установами, так і завдяки інтродукції місцевих видів із природних популяцій. Наразі в ботанічних садах усе більше простежується тенденція до спеціалізації — створення і підтримання колекцій за зональним принципом, а в гірських регіонах за висотним, тобто в умовах екологічно найбільш відповідним природним. Особини штучно створених популяцій найкраще існують у тих екологічних умовах (зокрема, кліматичних), в яких проходила еволюція даного виду.



www.shutterstock.com · 1409825873



Мал. 64.1. Зоопарки створюються для утримання і вивчення в штучних умовах тварин із різних куточків Землі



Мал. 64.2. У ботанічних садах в умовах відкритого і закритого ґрунту створюються колекції видів рослин

Генні банки

Ефективною формою збереження біорізноманіття є створення так званих генних банків, у яких зберігається як насіння рослин, так і заморожені культури тканин або статеві клітини (частіше зберігають заморожену сперму). Наразі у світі існує понад тисяча таких банків. Банки заморожених клітин зникаючих видів тварин створено в ряді наукових центрів світу.

Основною метою банків насіння є передовсім збереження генетичної різноманітності культурних рослин. Існує кілька десятків таких банків, у яких сконцентровано понад 2 млн зразків. Їхню діяльність координує «Консультативна група міжнародних сільськогосподарських досліджень».

У місті Харків знаходиться Національний центр генетичних ресурсів рослин України, що діє при Інституті рослинництва Української аграрної академії наук і здійснює середньо- та довгострокове збереження насіння генетичних ресурсів рослин у Національному сховищі. Основними напрямками наукової діяльності Центру є інтродукція нових зразків генофонду селекційного походження, місцевих форм та диких співродичів культурних рослин з України та інших країн світу; карантинна перевірка зразків інтродукованих з-за кордону; реєстрація цінних зразків та колекцій генофонду рослин; вивчення світового генофонду рослин.

На основі банку насіння створюються банки клітинних ліній *in vitro* (латинською «у склі»). Це передбачає вивчення умов проростання насіння *in vitro*, підбір поживних середовищ для отримання і культивування калусних (клітинних) тканин, дослідження умов регенерації рослин *in vitro* (мал. 64.3). Сьогодні часто використовується також поняття «мікророзмноження» — комплекс маніпуляцій із живими організмами, зокрема з їхніми органами, тканинами та клітинами, які проводяться в стерильних умовах на штучних середовищах.

Загалом культури рослин *in vitro* існують майже сто років. Ще в 1921 році Льюїс Кнудсон уперше застосував цю техніку для висіву насіння орхідей у стерильних умовах. Виділення культур проводиться у стерильних (асептичних) умовах для видалення будь-яких сторонніх організмів (бактерій, грибків, водоростей тощо) із середовища, у якому воно здійснюється. З того часу і донині техніка розмноження *in vitro* застосовується для розмноження багатьох тисяч видів і сортів рослин.

Вивчення умов регенерації та культивування рослин *in vitro* є основою для створення біотехнологічних методів відтворення чисельності рідкісних, ендемічних та зникаючих видів рослин.



www.shutterstock.com · 1909080718



www.shutterstock.com · 1973853698

Мал. 64.3. Дослідження умов регенерації рослин *in vitro*

Ключова ідея

У спеціальних штучних умовах ботанічних садів і зоопарків підтримується існування певної частини представників раритетної фіто- і зообіоти. Це дозволяє за необхідності здійснити реінтродукцію, де вони існували раніше, але були втрачені. Реставрацію природних популяцій раритетних видів також робить можливим наявність колекцій культур, банків насіння, гермплазми. Усе це має велике значення для збереження біорізноманітності.

Перевірте свої знання

1. Які головні завдання в галузі охорони природи виконують ботанічні сади і зоопарки?
2. Що і з якою метою зберігається в генних банках?

Цікава інформація

З метою вшанування одного з найстаріших науково-дослідних установ країни — Нікітського ботанічного саду, і у зв'язку із його 200-річчям Національним банком України була випущена ювілейна монета номіналом 50 гривень. Ботанічний сад був заснований у 1812 році на місі Март'ян неподалік від Ялти. Він є взірцем садово-паркового будівництва,

своєрідним музеєм під відкритим небом, у якому зібрано близько 20 тисяч видів рослин із різних районів земної кулі, а також унікальне зібрання представників місцевої і світової флори.

Банки насіння не можуть забезпечити зберігання насіння певних видів, наприклад тих, що не здатні тривалий час зберігати схожість. Так, у насіння більшості видів тропічних рослин відсутня стадія спокою. Зберігати колекцію різноманіття сортів кави або гевеї (представників тропічних плодових культур) можна тільки у вигляді культури тканин.

§ 65. Проблеми біологічних інвазій

Поміркуйте

Чому саме в XIX–XX ст. у складі природних фаун і флор різних регіонів і країн усе збільшується і збільшується частка нових видів, що не зустрічалися там раніше?

Згадайте

Назвіть фактори, які обмежують поширення того чи іншого виду або, навпаки, можуть сприяти його розселенню за межі природного ареалу.

Що таке інвазія

Неаборигенні види, що з'явилися й поширилися в тій або іншій місцевості внаслідок навмисної чи ненавмисної діяльності людини, отримали назву «**адвентивні види**». До другої половини XX ст. адвентивні рослини з'являлись переважно у складі рослинних угруповань антропогенно трансформованих екотопів, із часом відіграючи все більш помітну роль. З другої половини XX ст. експансія таких видів (як у антропогенні, так і в напівприродні екотопи) посилилась. З кінця XX ст. низка адвентивних видів зайняла певні еконіші в природних ценозах. З-поміж чужорідних рослин є доволі «агресивні» інвазійні види.

Під інвазією ми розуміємо вторгнення на будь-яку територію або в екосистему не характерних для них, нових (адвентивних) видів. **Біологічні інвазії** — швидкоплинні явища, які відбуваються протягом одного або кількох поколінь і призводять до формування нових частин ареалу. Цим вони відрізняються від **експансій** (розширення ареалів, що відбувається поступово). Інвазії неаборигенних видів становлять значну загрозу для біорізноманіття природних екосистем і, за оцінкою Конвенції з біологічного різноманіття, є другою за значенням загрозою для біорізноманіття на світовому рівні (після безпосереднього знищення місць існування).

Існує чимало гіпотез, що пояснюють ті чи інші випадки інвазій, найбільш відомими з яких є наступні. Одна з найстаріших — гіпотеза «втечі від природних ворогів». Після занесення або натуралізації на новій території вид звільняється від природних ворогів (зокрема, фіто- або зоофагів,

патогенних організмів тощо), які контролюють чисельність виду в середовищі або на території, де він мешкав до цього. Такий адвентивний вид отримує переваги порівняно з видами, що є представниками регіональної біоти. Він, як правило, має набагато більшу щільність популяцій, ефективно та швидко поширюється. За гіпотезою «еволюції інвазійності та підвищеної конкурентної спроможності», інтенсивне розмноження деяких видів і розвиток їх інвазій є наслідками швидких генетичних змін, що надають їм перевагу над місцевими видами в новому середовищі. У межах природного ареалу популяції таких видів могли бути географічно ізольовані, а на новому місці відсутність бар'єрів сприяє їх швидкій інвазії.

Гіпотеза «нової зброї» пояснює успішність певного інвазійного процесу виникненням нових типів біохімічної взаємодії між видами у природних рослинних угрупованнях. На новій території алелопатичні речовини інвазійних рослин пригнічують ріст і розвиток аборигенних видів, у яких немає захисних механізмів для запобігання цього.

Наступна гіпотеза — «порожньої ніші» — говорить про те, що перевагою окремих адвентивних видів є їх здатність використовувати ресурси нового середовища, які не могли використовувати аборигенні види. Наразі існує база даних, у якій представлена інформація стосовно інвазійної спроможності різних видів і причини, що викликають інвазії. Використання схем оцінки ризиків інвазійних видів не лише допомагає знизити ризик вторгнення, але й дозволяє виявити інвазійні коридори.

Європейська стратегія з інвазійних чужорідних видів

З 2003 року діє Європейська стратегія з інвазійних чужорідних видів. Вона визначає головні дії щодо запобігання або зменшення несприятливого впливу інвазійних видів. Цим документом, зокрема, запропоновані заходи для відновлення видів і природних середовищ, що постраждали від вторгнення інвазійних чужорідних видів. Національні стратегії відображають специфіку природних умов та економіки різних країн і тому різняться за постановкою цілей і способів їх здійснення, але в них чітко виражені кілька напрямків. Характерним для всіх є те, що пріоритетними стають проблеми охорони довкілля; необхідність співпраці різних фахівців, урядовців, громади; доцільність проведення превентивних заходів, які набагато рентабельніші та екологічно виправдані порівняно із заходами, які вживаються для усунення негативних наслідків інвазій.

Закон України

У 2010 році було прийнято Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України», у якому вперше безпосередньо згадуються біологічні інвазії у контексті збереження біорізноманіття. Політика України стосовно чужорідних і особливо інвазійних видів спрямована на: зростання обізнаності про біологічні інвазії на усіх рівнях; усвідомлення ризиків і загроз; інтеграція проблеми інвазійних чужорідних видів та управління територіями, що підлягають особливій охороні; запобігання нових інвазій; заходи контролю; швидке виявлення інвазійних чужорідних видів та система оперативного реагування тощо.

Фактори, які впливають на інвазії

Розвитку біологічних інвазій сприяє, по-перше, руйнація природних бар'єрів для розселення, а по-друге — формування «коридорів» для розселення (наприклад, канали меліоративних систем, лісосмуги, придорожні смуги). Інвазії нерідко розглядають як особливий тип біологічного забруднення. Наразі найпоширенішим чинником інвазій є інтродукція видів. У 2012 році було оприлюднено «Кодекс поведінки щодо інвазійних чужорідних видів для ботанічних садів», який містить шість дій, рекомендованих до запровадження ботанічним садам: усвідомлення й обізнаність, обмін інформацією, запобігання нових інвазій, заходи контролю, інформаційно-пропагандистська діяльність та перспективне планування. У тому випадку, якщо вид проявляє високий інвазійний потенціал, то його інтродукція неприпустима — він вилючається з колекційного фонду і заноситься до списку інвазійних. Наразі в Україні, наприклад, при Раді ботанічних садів і дендропарків працює Комісія з питань фітоінвазій.

Актуальність дослідження чужорідних видів рослин визначається необхідністю збереження рослинного покриву у природному стані (або наближеному до нього), особливо в межах територій, на які здійснюється значне антропогенне навантаження. Певні проблеми інвазійні види створюють і на природоохоронних територіях, змінюючи структурну організацію рослинних угруповань, а іноді навіть витискаючи представників місцевої природної флори і фауни, для охорони яких власне й були створені ці території. У таких випадках постає питання про заходи, спрямовані проти таких інвазійних видів (переважно — механічне знищення). Поява інвазійних видів розглядається як екосистемна мутація, яка призводить до перебудови структури угруповань.

Ключова ідея

Важливість проблеми інвазійних видів полягає в тому, що проникнення й масове розповсюдження таких видів може призводити до суттєвих утрат природного біологічного різноманіття, а також економічного й господарського значення екосистем. Згідно із вимогами Конвенції про охорону біологічного різноманіття й іншими міжнародними угодами, необхідно здійснювати контроль за інтродукцією і поширенням чужорідних видів на території України, особливо за тими, що мають високий інвазійний потенціал.

Перевірте свої знання

1. Що обумовлює високий інвазійний потенціал адвентивних видів? 2. Поясніть, чому вважається, що сталі, багатовидові угруповання є більш стійкими до інвазій адвентивних видів.

Цікаво знати

У науковій і науково-популярній літературі адвентивні види також називаються «неаборигенні види», «заносні види», «чужоземні види», «види-прибульці», «види-вселенці» тощо.

Про актуальність проблеми запобігання інвазіям і контролю за їх розвитком свідчить обговорення цього на таких авторитетних міжнародних форумах, як конференція ООН із проблем сталого розвитку (Ріо-де-Жанейро, Бразилія 1992) та конференція ООН із проблеми неаборигенних видів (Трондхейм, Норвегія, 1996), а також на численних спеціальних форумах по інвазіям.

Мал. 65.1

§ 66. Екосистеми та ландшафти України особливого значення

Поміркуйте

Чому деякі ландшафти можуть мати особливо важливе значення для України

Згадайте

Які існують природоохоронні території?

Що таке національний парк?

Природно-територіальні комплекси

Геологічна будова і рельєф, клімат, гідрологічні умови, ґрунти, рослинний і тваринний світ постійно взаємодіють та утворюють природно-територіальні комплекси різного рангу (мал. 66.1). Однорідний за походженням та історією розвитку природно-територіальний комплекс із одноманітними в його межах кліматичними і гідрологічними умовами, ґрунтовим покривом і специфічним біоценозом утворює певний ландшафт. У межах України за особливостями просторової диференціації, загальним характером рельєфу, геолого-геоморфологічною основою природних комплексів виділяють два класи ландшафтів: рівнинні і гірські. Ландшафти першого класу займають понад 93 % території країни, решту території, приблизно 7 %, — гірські.

Рівнинні комплекси

Рівнинні ландшафти України характеризуються широтною зональністю і представлені чотирма зональними типами — хвойно-широколистяні, широколистянолісові, лісостепові та степові (підтипи — північно-, середньо- і південностеповий). Гірські ландшафти, яким властива вертикальна поясність, залежать передусім від географічного положення гір та абсолютних висот ландшафтів. У гірських ландшафтах панують два типи: лісово-лучні з полонинами в Українських Карпатах і лісово-лучні з яйлами в Кримських горах. Окремо виділяються заплавні ландшафти рівнин і гір.

Гірські комплекси

На території Українських Карпат, що складаються із власне середньовисотних гір, представлені гірські передгірні ландшафти Передкарпатської височини та Закарпатської низовини. Генетично ландшафтне різноманіття Українських Карпат представляють ландшафтні яруси: заплавно-нижньотерасовий, середньотерасовий, високотерасовий, горбисто-пасмовий передгірний, пологосхилловий низькогірний, крутосхилловий низькогірний, крутосхилловий середньогірний, полонинський середньогірний, давньольодовиковий високогірний.

Ландшафти Кримських гір — це ландшафти степового та лісо-степового передгір'я, Зовнішньої гряди, середньогірськолісові ландшафти Внутрішньої гряди, яйлинські гірсько-лучні та лісові ландшафти Головної гряди. Між грядями поширені улоговинні широколистянолісові ландшафти з чагарниковими заростями. На південному макросхилі Кримських гір переважають ландшафти з дубовими, буковими й сосновими лісами. У південнобережних субсередземноморських ландшафтах поширені фісташково-дубові, ялівцево-соснові ліси, фригано-шиблякові зарості із саваноїдною рослинністю.

Ключова ідея

Ландшафт — це природно-територіальний комплекс, що характеризується певним балансом тепла та вологи, спільним зональним ґрунтово-рослинним покривом при відповідній літогенній основі поверхневих відкладів. Усе різноманіття ландшафтівна території України можна об'єднати у два класи: рівнинні і гірські. У межах одного ландшафту може бути представлено кілька екосистем.

Перевірте свої знання

1. Що таке ландшафт? 2. Які класи ландшафтів наявні в Україні? 3. Які особливості мають ландшафти Карпат? 4*. Які антропогенні фактори можуть впливати на стан ландшафтів?

Цікаво знати

Майже вся територія України знаходиться в помірному поясі, і лише на Південному березі Криму зустрічаються елементи субтропічних ландшафтів середземноморського типу.



Мал. 66.1. Приклади гірських і рівнинних природних комплексів

Природно-заповідний фонд України (станом на 1 січня 2008 року)

Категорія	Загальнодержавного значення		Місцевого значення		Разом	
	Кількість	Площа	Кількість	Площа	Кількість	Площа
Природний заповідник	17	164286,3	-	-	17	164286,3
Біосферний заповідник	4	226319,5	-	-	4	226319,5
Національний природний парк	19	765870,4	-	-	19	765870,4
Регіональний ландшафтний парк	-	-	49	627079,3	49	627079,3
Заказник	304	4155372,3	2430	773414,3	2734	1188786,6
Пам'ятка природи	132	5758,5	2972	20559,0	3104	26317,5
Заповідник урочище	-	-	798	96805,5	798	96805,5
Ботанічний сад	17	1763,1	9	153,6	26	1916,7
Дендрологічний парк	19	1339,0	29	226,2	48	1565,2
Зоологічний парк	7	119,6	5	309,9	12	429,5
Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва	88	5987,0	447	7349,9	535	13336,9

Біорізноманіття окремих заповідників України

Таксономічні групи організмів	Поліський	Канівський	Асканія-Нова	Карпатський	Карадазький
Судинні рослини	604	974	1316 (515)	1062	1169
Мохоподібні	139	138	57	440	76
Водорості	376	266	285	465	538
Лишайники	140	170	55	392	94
Гриби та міксоміцети	42	1120	358	262	63
Ссавці	39	51	67	65	29
Птахи	180	226	272	179	210
Плазуни	7	8	5	9	8
Земноводні	11	11	4	13	4
Риби	19	50	8	22	89
Комахи	537	7800	958	1623	1752
Багатоніжки	-	42	7	31	1
Павукоподібні	-	200	186	341	310
Ракоподібні	-	130	4	1	127
Молюски	-	150	14	76	70
Черви кільчасті	-	65	2	31	51
Черви круглі	-	-	-	37	41

Найпростіші	-	800	29	-	69
-------------	---	-----	----	---	----

КОМПЕТЕНТІСНО ОРІЄНТОВАНІ ЗАВДАННЯ

1. Ознайомтеся із Законом України «Про охорону навколишнього середовища» від 25 червня 1991 поточна редакція — від 01.01.2021. З'ясуйте перелік екологічних правопорушень, за які передбачено адміністративну відповідальність.
2. Знайдіть та дослідіть випадки, коли було завданно шкоди біорізноманіттю вашої місцевості. Для цього можна використати публікації в мережі Інтернет, публікації в газетах, журналах, новинні сюжети, думки експертів. Чи мають ці проблеми шляхи вирішення?
Створіть відеозаклик про підвищення біорізноманіття вашої місцевості.
3. Оберіть дві природні зони України. За допомогою діаграми Венна поясніть, чим вони відрізняються? Що спільного? У якій природній зоні розташовано ваш населений пункт?
4. Творча робота. Створіть ментальну карту (мапу думок) «Природно-заповідний фонд України». Дослідіть, як мережа заповідних територій забезпечує збереження біорізноманітності. Порівняйте свою ментальну карту з мапами однокласників.
5. За допомогою методу Fishbone поясніть переваги й недоліки для екосистем у разі побудови малих ГЕС на невеликих річках України. На основі отриманих результатів зробіть висновки.
6. Прочитайте слова. Поясніть, які з перелічених відходів можуть зашкодити довкіллю. Наведіть аргументи «за» та «проти» спалювання відходів.
Тарілка, килим, дерев'яний ящик, каструля, телевізор, перемерзла картопля, рушник, книжка, пластмасова посудина, холодильник, шафа, консерва.
7. Це багаторічна вічнозелена трав'яниста рослина, що адаптувалася до природних зон Карпат, Полісся та північної частини Лісостепу в соснових лісах на вологому піщаному ґрунті. Її використовують зокрема для медичних потреб: спори рослини слугують найкращою присипкою для запрілих місць, гострих і навіть мокнучих екзем, пролежнів, ран, опіків та відморожень. Відвар п'ють при запальних хворобах нирок і сечового міхура. Лікування цією рослиною дозволяється після консультації з лікарем. Рослину занесено до Червоної книги України. Про яку рослину йдеться в тексті? Як ви гадаєте, чому вона занесена до Червоної книги?
8. Створіть моральний кодекс жителя свого населеного пункту закінчивши речення:
Людина - частина природи, бо...
Рослини й тварини мають право ...

Без окремих живих організмів...

Майбутнє покоління має право на...

Для того аби жити в гармонії та розумінні з природою...

Тема 10. Біорізноманітність Українського Полісся

§ 67. Українське Полісся. Біота

Поміркуйте

До якої природної зони належить територія Українського Полісся?

Згадайте

Що ми розуміємо під поняттями біота?

Що таке флора?

Фізико-географічні особливості Українського Полісся

Територія Українського Полісся складає приблизно 20 % від усієї території України. Українське Полісся розташовано на Поліській низовині і простягається із заходу на схід на 750 км, займаючи північну і північно-західну частину України. Відповідно, ця територія характеризується дещо нижчими, ніж у середньому по Україні, температурними показниками і дещо вищою кількістю опадів. Цікаво, що за кількістю опадів немає істотних відмінностей ні між західною і східною, ні між північною і південною частинами Українського Полісся. Середньорічна кількість опадів, як правило, дещо вища за випаровуваність. Найпоширенішими ґрунтами на Українському Поліссі є дерново-підзолисті, що поширені майже на 70 % території, і формуються на різних відкладах: флювіогляціальних, моренових, алювіальних, еолових. На крейдових відкладах поширені дерново-карбонатні ґрунти, великі площі також займають лучні і болотні ґрунти. Приблизно на 4,3 % території можна зустріти торфові поклади товщиною понад 0,7 м (мал. 67.1).

Необхідно зазначити, що на формування біоти цього регіону в антропогені вплинула діяльність льодовика і його вод, а також неодноразові зміни клімату. Під час максимального зледеніння льодовиком була вкрита більша частина Українського Полісся, тому не дивно, що наразі цей регіон є осередком специфічної постгляціальної флори і рослинності.

Основою флори Полісся є змішані ліси, представлені сосною, березою, грабом, дубом. Переважна частина боліт вкрита сфагновим мохом.

Значення регіону

Загальноєкологічне значення регіону полягає також у тому, що ця територія є одним з основних міграційних шляхів птахів, а також головним в Україні регіоном розмноження таких цінних мисливсько-промислових птахів, як тетерук, глухар, орябок, лебідь-шипун тощо (мал. 67.2). Загалом тваринний світ Українського Полісся багатий і різноманітний. Серед них представлено чимало тайгових видів (лось, рись, заєць білий, глушець, сова бородата, синиця чорна, снігур, ящірка живородна, жаба трав'яна тощо). Зустрічаються

також види, поширені в Європі (свиня дика, куниця лісова, тхір звичайний, вовчок горішниковий, підорлик малий, дятел середній, в'юрок канарковий, горихвістка чорна, квакша звичайна тощо). Близькість лісостепової зони обумовлює проникнення південних (степових) тварин (кажан двоколірний, заєць сірий, велика біла чапля, коловодник ставковий, лунь лучний, черепаха болотяна тощо)..Біля річок можна зустріти видру і бобра.

Ключова ідея

На формування рельєфу території Українського Полісся зазнало значного впливу мала діяльність льодовика, ґрунтового і наземного покриву. Українське Полісся характеризується доволі вологим кліматом.

Перевірте свої знання

1. Які фізико-географічні умови визначають специфіку Українського Полісся? 2. Що можна вважати провідним чинником формування біоти на території Українського Полісся? Поясніть, чому так. 3. У чому полягає загальноєкологічне значення Українського Полісся?

Цікава інформація

Наслідки дії льодовика можна побачити в сучасному рельєфі Українського Полісся, зокрема на заході Полісся. Так, наприклад, між Західним Бугом і Горинню знаходиться Волинська моренна гряда, яка підіймається над навколишніми землями майже на 30 м.

Морена являє собою неоднорідну суміш уламкового матеріалу — від гігантських до декількох сотень метрів у поперечнику брил до глинистого матеріалу, утвореного за рахунок перетирання уламків при русі льодовика.



Мал. 67.1. Видобуток торфу



www.shutterstock.com - 542151700



Мал. 67.2. Полісся — регіон розмноження цінних мисливсько-промислових птахів (тетерук, орябок)

§ 68. Українське Полісся. Природні комплекси

Поміркуйте

Яке значення для поліського регіону мають болота?

Згадайте

Які тварини живуть у поліському регіоні?

Які дерева зростають у змішаних лісах Полісся?

Лісові біоценози

Основу рослинного покриву Українського Полісся складають ліси, які тут є зональними угрупованнями. Значне поширення піщаних відкладів, що пов'язане із впливом льодовика, зумовлює наявність великих площ соснових лісів. На багатших різновидах дерново-підзолистих ґрунтів формуються

дубово-соснові ліси. Кліматичні умови регіону сприяють розвитку широколистяних лісів. Разом із тим, поширення листяних порід (насамперед, дуба і граба) обмежено, бо вони потребують більш багатших ґрунтів. Збільшення вологості ґрунту у плескатих зниженнях сприяє тому, що в таких умовах дубові ліси змінюються вільховими.

Болота

Значне поширення в межах Українського Полісся мають також болота, зокрема евтрофні лісові, трав'яні, трав'яно-мохові. У складі трав'яних боліт переважають саме осокові болота, рослинний покрив яких формують як купинні осоки — омська, зближена, так і кореневищні — гостра, загострена тощо. В обводнених міжкупинних зниженнях зустрічаються типові представники гідрофільної флори боліт: бобівник трилистий, вовче тіло болотне, калюжниця болотна. У комплексі з осоковими болотами зустрічаються високотравні: очеретяні, рогозові, комишеві (мал. 68.1).

Трав'яно-мохові болота, переважно осоково-гіпнові угруповання, є типовими на території України саме для Полісся (за площею вони поступаються лише осоковим). У таких біотопах наявний шар торфу, а в рослинному покриві переважають звичайні види болотного різнотрав'я (мал. 68.2).

Поширені в регіоні мезотроні та оліготрофні болота (очеретяно-сфагнові, молінієво-сфагнові тощо). Саме збільшення шару сфагнового торфу призводить до заміни мезотрофних боліт оліготрофними (мал. 68.3). Загалом кількість сфагнових боліт у складі болотної рослинності зменшується із заходу на схід. Поширенню болотної рослинності сприяє, по-перше, низовинний характер місцевості, по-друге, високий рівень ґрунтових вод. Заболоченість Українського Полісся знижується в напрямку із півночі на південь. До проведення осушувальної меліорації заболоченість становила 6,3 %. Наразі понад половини боліт осушено і використовуються в сільському господарстві здебільшого як сіножаті і пасовища (мал. 68.4).

Сфагнові болота Українського Полісся знаходяться на південній межі свого поширення. Їх можна вважати південним форпостом низки більш північніших бореальних видів.

Луки

Луки займають приблизно 10 % території Українського Полісся і зосереджені переважно в заплавах великих річок (заплав малих річок здебільше заболочені). З-поміж лісових масивів фрагментарно зустрічаються суходільні луки. Поширена в межах регіону водна і прибережно-водна

рослинність. Угрупування цього типу доволі різноманітні, але значних площ не займають.



www.shutterstock.com - 1778974730



Мал. 68.1. Значне поширення в межах Українського Полісся мають болота



www.shutterstock.com - 1782206489

Мал. 68.3. Сфагнові мохи



Мал. 68.4. Сіножаті і пасовища на місці осушених боліт

Ключова ідея

Різноманітність фізико-географічних умов Українського Полісся, насамперед гідрологічних, мозаїчність рельєфу і ґрунтового покриву, обумовлює значну строкатість рослинного покриву. Зональними угрупованнями Українського Полісся є ліси. Разом із тим, особливістю даного регіону є відсутність значних площ однорідної рослинності, її комплексність та мозаїчність, особливо це характерно для заплав річок.

Перевірте свої знання

1. Які особливості притаманні лісовим біоценозам Полісся? 2. Яку площу займають луки на території Полісся? 3. Які види боліт поширені на території Полісся? 4*. Які антропогенні фактори можуть впливати на поліські болота?

§ 69. Українське Полісся. Охорона біорізноманіття

Поміркуйте

Як вплинула на біоту Полісся аварія на Чорнобильській АЕС?

Згадайте

Які біоценози зустрічаються на території Полісся?

Які організми заносять до Червоної книги?

Особливості біологічного різноманіття регіону

Українське Полісся є дуже самобутнім регіоном щодо біологічного різноманіття. На його території наявна значна кількість бореальних видів та угруповань, більшість із яких знаходяться на південній межі свого ареалу. Збереглися у західній частині українського Полісся також немало центральноевропейських видів. Загалом за збереженістю природної рослинності Українське Полісся посідає перше місце з-поміж інших регіонів. На території Українського Полісся поширена низка представників фауни, що потребують охорони. З рідкісних птахів трапляються такі види, як журавель сірий, лелека чорний, глухар, тетерук, а із ссавців представниками, що занесені до Червоної книги, є бобер, норка, тхір, рись (мал. 69.1).





Мал. 69.1. Журавель сірий, лелека чорний, скопа

Природно-заповідна мережа регіону

За останні десятиріччя на території Українського Полісся збільшилась природно-заповідна мережа. До складу останньої, зокрема, входять три природні заповідники і три національні природні парки, багато заказників і пам'яток природи, регіональні ландшафтні парки. Природні заповідники: Поліський, Рівненський, Черемський. Національні природні парки — Шацький, Мезинський, Деснянсько-Старогутський.

Заповідники Полісся

Поліський природний заповідник — один із найбільших за площею з усіх заповідників України. У заповіднику мешкають переважно лісові тварини. Фауна хребетних тварин Поліського природного заповідника та його околиць нараховує 279 видів (45 видів ссавців, 195 видів птахів, 12 видів земноводних, 7 видів плазунів, 19 видів риб). Видовий склад комах Поліського природного заповідника з'ясований недостатньо, зараз відомо трохи більше 1100 видів з 17 рядів. На території Поліського природного заповідника

виявлено 46 видів хребетних та 21 вид комах, що занесені до Червоної книги України.

Рівненський заповідник має площу 42 тисячі гектарів. Його було створено з метою охорони типових та унікальних комплексів Українського Полісся. На території заповідника представлено 10 рослинних угруповань, занесених до Зеленої книги України. Тут ростуть 26 видів лишайників, 101 вид грибів та 150 видів мохоподібних. Із судинних рослин заповідника 28 занесено до Червоної книги України. Фауна заповідника нараховує 221 вид хребетних тварин, велику кількість комах, павукоподібних, молюсків. У заповіднику можна зустріти ласку, горностая, рись, глухаря, тетерука, мідянку, черепаху болотну, тритона гребінчастого, сома тощо.

Черемський заповідник створено на території Волинської області для збереження типових та унікальних комплексів Українського Полісся. Його площа 2 975 га. Флора заповідника включає 760 видів судинних рослин, 114 видів мохоподібних, 53 види лишайників, 133 види грибів. 40 асоціацій рослин занесено до Зеленої книги України. Фауна заповідника представлена 18 видами риб, 12 видами земноводних, 7 видами плазунів, 141 видом птахів, 42 видами ссавців та великою кількості видів комах та інших безхребетних тварин. Тут можна зустріти таких представників Червоної книги України, як джміль моховий, лелека чорний, скопа, кутора мала тощо.

Ключова ідея

Важливу роль в охороні природних ресурсів відіграє створення природно-заповідних територій. На території Полісся розташовані Поліський, Рівненський та Черемський заповідники і Шацький, Мезинський та Деснянсько-Старогутський національні парки.

Перевірте свої знання

1. Які заповідники розташовані на території Полісся? 2. Які національні парки розташовані на території Полісся? 3. Які представники фауни Полісся є у Червоній книзі України? 4*. Які антропогенні фактори можуть впливати на стан біорізноманіття Полісся?

Компетентнісно орієнтовані завдання

1. Біологи вважають, що ці еукаріоти є найуспішнішою групою організмів, яка пристосувалися до всіх середовищ існування й набули найрізноманітніших форм. Як ви гадаєте, що це за група еукаріотів? Які спільні властивості їм притаманні? Назвіть представників цієї групи, що пристосувалися до природної зони українського Полісся.
2. Складіть схему ланцюга живлення в зоні мішаного лісу. Порівняйте схеми однокласників.
3. Сучасне Полісся є регіоном із найзагрозливішою екологічною ситуацією не тільки в Україні, а й у Європі. За допомогою методу скрайбінгу запропонуйте власну програму з екологічного відновлення Полісся.
4. За допомогою статистичних даних, побудуйте діаграму розміщення лісів України, якщо 40 % лісів займають Полісся, 25 % — припадає на лісостеп, 22 % — на Карпати, 10 % — площа лісів степу й лише 3 % — Крим.
5. Творча робота. Створіть ментальну карту (мапу думок) «Характерні рослини зони мішаних лісів». Які екологічні умови дозволили цим рослинам опанувати природну зону?
6. Той, хто обожнює «тихе полювання», знає, що збирати гриби потрібно дуже ретельно й відповідально. Адже поміж їстівних грибів досить можна знайти гриби-двійники, які є отруйними. Білий гриб є найпоширенішим у Прикарпатті й на Поліссі та не має отруйних аналогів. Як гадаєте, чи істинне це твердження? Запропонуйте план надання домедичної допомоги вразі отруєння грибами.
7. Візитівкою Полісся є Тетерук (*Lyrurus tetrix*) — це птах родини фазанових. Підготуйте презентацію про спосіб життя й місце існування птаха.
8. Жолудниця європейська або соня садова (*Eliomysquercinus*) — це гризун родини вовчкових, що є символом срібних ювілейних монет номіналом 10 грн. Популяція жолудниці щороку скорочується, й сьогодні її можна зустріти на території Центрального Полісся та Волині. У 2009 році тварину було занесено до Червоної книги України. Що призвело до зменшення чисельності гризуна? Визначте систематичне положення тварини за таксонами.

Тема 11. Біорізноманітність лісостепу

§ 70. Лісостеп. Біота

Поміркуйте

До якої природної зони належить територія українського лісостепу?

Згадайте

Що таке фауна?

Які тварини живуть на території Полісся?

Особливості українського лісостепу

Український лісостеп — ділянка європейської частини природної зони лісостепу в межах України. Широка смуга лісостепу простягається з південного заходу від кордону з Молдовою на північний схід до кордону з Росією через центральну частину країни (33 % території). Виразних меж зона немає, адже степові ділянки вклинюються островами в лісову зону, а ліси окремими масивами заходять у зону степів. Північна межа лісостепу збігається з південною межею зони мішаних лісів, а південна проходить уздовж лінії Подільськ — Кропивницький — Кременчук — Красноград — Вовчанськ.

Клімат у лісостеповій зоні помірно континентальний, його континентальність збільшується в східному напрямку. Тепле літо й помірно холодна зима. Середня температура січня становить на заході -4°C , на сході -8°C , а липня, відповідно, $+16$ і $+22^{\circ}\text{C}$. Опадів випадає менше, ніж у зоні мішаних лісів, але більше, ніж у степах. Кількість опадів змінюється в східному напрямку від 600 до 500 мм, але майже стільки ж води випаровується; зволоження достатнє. В окремі роки в лісостеповій зоні, особливо в її південній частині, бувають посухи.

У рельєфі переважають височини, що із заходу на схід змінюють одна одну Розточчя, Подільська, Волинська, Придніпровська та Середньоруська височини. Платоподібні поверхні височин чергуються з горбогір'ями, окраїни височин сильно почленовані ярами і балками. Низовини займають невеликі території на Лівобережжі (Придніпровська низовина). Висоти поверхні коливаються від 100 м до 471 м (гора Камула).

Ґрунти лісостепової зони

Поширеними ґрунтами в Лісостепу є чорноземи (мало- і середньогумусні типові, опідзолені), які сформувались на вододільних поверхнях Придніпровської височини. Сірі і світло-сірі лісові ґрунти розвинуті на Волинській і Подільській височинах, вершинних поверхнях Придніпровської височини. На терасах Дніпра і Сіверського Дінця в незначній

кількості трапляються солонцюваті ґрунти, солонці та солончаки. На давніх терасах, у широких зниженнях сформувались лучно-чорноземні ґрунти, у заплавах річок — лучні, дернові та болотні ґрунти. Однак загальна заболоченість зони незначна — 1,6 %.

Фауна лісостепу

Тваринний світ лісостепів є доволі різноманітним. Він містить як степові, так і лісові види. З птахів тут можна зустріти рибалочку блакитного, водяну курочку, ластівку берегову, змієїда, орла-могильника, сову вухату тощо. Ссавці представлені такими видами, як борсук, видра річкова, нічниця ставкова. Представниками інших груп хребетних є мідянка, ропуха зелена, гадюка степова, щука, окунь. На цій території проживає і велика кількість безхребетних тварин, зокрема такі членистоногі, як скарабей священний, жук-олень, бражник мертва голова, рак вузькопалий, водяний ослик, павук-хрестовик, тарантул тощо. А молюски представлені катушками, ставковиками, слимаками та іншими видами. З інших груп безхребетних можна зустріти п'явку медичну, гідру, губку бодягу та інші види.

Флора лісостепу

Як і фауна, флора лісостепової зони утворюється за рахунок видів як лісової, так і степової зон. У цьому регіоні можна зустріти такі деревні породи, як дуб, клен, липа, ясен, в'яз, верба. Лісистість цієї території у середньому складає 12,5 %. У західній частині вона зростає до 15 %.

Площі природних степових і лучних ділянок є невеликими, бо більша частина земель знаходиться в сільськогосподарському обігу. Але можна натрапити на такі види, як конюшина, тонконіг, ковила, стоколос. На заплавах луках ростуть осока, рогіз, калюжниця, а у водоймах — латаття біле, глечики жовті, водяна папороть.

Ключова ідея

Біоту лісостепу формують як лісові, так і степові види рослин. Лісистість невелика і у середньому складає 12,5 %. Значна частина земель знаходиться в сільськогосподарському обігу.

Перевірте свої знання

1. Які кліматичні особливості характерні для Лісостепу? 2. Яких тварин можна зустріти на території лісостепу?

§ 71. Лісостеп. Природні комплекси

Поміркуйте

Чому при організації охорони більшості природних комплексів найбільше уваги приділяється саме збереженню автотрофного блоку?

Згадайте

Чим різняться фізико-географічні умови Українського Полісся і Лісостепу?

Яких представників комах можна зустріти у лісостепу?

Різноманіття природних комплексів Лісостепу

У лісостеповій зоні перемежуються природні комплекси лісових ландшафтів із лучно-степовими (мал. 71.1). Найбільше поширення мають широколисто-лісові природні комплекси, які в минулому займали великі площі на височинах. Переважна більшість лучних і різнотравно-злакових степових комплексів знаходиться під сільськогосподарськими угіддями. Характерною ознакою лісостепової зони є високі праві береги річок, сильно розчленовані ярами, і низькі ліві береги з терасами. Заплави річок і низькі тераси нерідко заболочені, вищі тераси займають поля, населені пункти.

Лісові природні комплекси

Як ви вже знаєте, щосередня лісистість території 12,5 %, але в західній частині вона досягає 15 %. Ліси збереглися в долинах річок і межиріччях. Вони ростуть на сірих лісових ґрунтах та деградованих чорноземах, що раніше були під степами. Лісоутворювальними породами в лісостеповій зоні є дуб, граб, бук, клен, липа. У заплавах річок ростуть берест, вільха, верба. На піщаних берегах Дніпра, Південного Бугу та Сіверського Дінця, куди доходив язик давнього льодовика, поширені соснові ліси. У широких балках формуються байракові ліси, у яких ростуть дуб, граб, клен, липа, ліщина.

Степові природні комплекси

До лісових масивів безпосередньо прилягає степ, проте він не займає великих площ, бо його змінили агроценози. Майже всі ділянки розорані й зайняті різноманітними сільськогосподарськими культурами (пшениця, ячмінь, овес, гречка, цукрові буряки, картопля, овочеві культури та інші). Степова природна рослинність (різнотрав'я) збереглася на схилах балок, берегах річок. Доволі великі площі в лісостепу зайняті луками. Суходільні луки лежать на вододілах річок і їхніх схилах. Там ростуть горицвіт, анемона, конюшина, тонконіг, стоколос, ковила, вероніка колосоподібна, гадючник, звіробій. Це переважно багаторічні рослини, із коренів і стебел яких утворюється дернина. Низовинні луки лежать у зниженнях, де близько до поверхні залягають ґрунтові води. Вони мають багатий трав'яний покрив. На

заплавних луках ростуть осока, рогіз, стрілолист, калюжниця, цикута. На водоймах ростуть глечики жовті, латаття біле, папороть водяна.

Природні комплекси крейдових відслонень

Природні комплекси крейдових відслонень дуже різняться від навколишніх зональних комплексів, типових для лісостепової зони (мал. 71.2). Вони характеризуються своєрідністю складу флори і фауни, наявністю великої кількості рідкісних, реліктових, ендемічних видів. Тут утворюються специфічні життєві форми, що обумовлене відсутністю ґрунтового покриву, більш високими у порівнянні із навколишньою територією температурними показниками.

Ключова ідея

Унаслідок особливостей географічного розташування в лісостеповій зоні перемежуються природні комплекси лісових ландшафтів із лучно-степовими. Широкомасштабне розорювання природних ділянок лучних і різнотравно-злакових степових комплексів призведе до суттєвого зменшення їх території, що негативно впливає на біологічне різноманіття флори і фауни регіону. Найбільшу цінність на загальнодержавному рівні мають ділянки крейдових відслонень, де сконцентровано значну кількість рідкісних і ендемічних видів.

Перевірте свої знання

1. Поясніть, чому рослинність крейдових відслонень відрізняється від навколишніх зональних типів рослинності.
2. Висловіть свої міркування з приводу того, чому необхідно охороняти ділянки степів, якщо вони є зональним типом рослинності.



www.shutterstock.com - 2040807281

Мал. 71.1. Ландшафтне різноманіття Лісостепу



Мал. 71.2. Унікальний природний комплекс — крейдяні відслонення

Цікава інформація

Рослинні угруповання, які формуються на відслоненнях крейди, належать до так званих томілярів. Це рослинні угруповання низькорослих вічнозелених напівчагарників та чагарничків, які пристосувалися до існування в умовах недостатнього зволоження і високих температур у літній період. Дуже часто вони мають опушення на стеблах і листках. Поміж рослинами томілярів є ароматичні, що використовуються як лікарські.

§ 72. Лісостеп. Охорона біорізноманіття

Поміркуйте

Які ландшафти і природні комплекси лісостепової зони є найціннішими і найбільш потребують охорони?

Згадайте

Які спільні функції виконують національні природні парки, заповідники і заказники загальнодержавного значення?

Які природні комплекси існують на території лісостепової зони?

Природоохоронні території лісостепової зони

З метою охорони природних комплексів, ландшафтів і екосистем, що мають високі природоохоронну, рекреаційну, естетичну та інші цінності, у межах лісостепової зони України створено низку природних заповідників, національних природних парків, біосферних резерватів, ландшафтних парків, заказників, заповідних урочищ та пам'яток природи.

Канівський природний заповідник

Канівський природний заповідник — один із найдавніших в Україні, який було створено 1923 року. Він охоплює частину ярів, пагорби на правому березі Дніпра та дніпровські острови. Важливими об'єктами заповідника є геологічні утворення та грабовий ліс (мал. 72.1).

Національні природні парки

Слобожанський національний природний парк об'єднує у собі природні особливості двох зон, Полісся і Лісостепу. Заплава р. Мерла розділяє майже суцільні лісові масиви на дві великі частини (на правому березі — діброва, на лівому — бор). У заплаві часто зустрічаються пониження, на яких утворилися болота. Характерними для парку є реліктові осоко-сфагнові та гіпно-сфагнові болота. Оточені березовими і вільховими заростями, ці островки Полісся створюють умови, прийнятні для існування не типових для лісостепової зони рослин і тварин.

У межах парку було зафіксовано 567 видів судинних рослин, із яких 17 видів із Червоної книги України. Частина червонокнижних видів має значне поширення по території НПП, але для деяких видів виявлено всього 1–2 локалітети. У межах парку мешкають такі представники тваринного світу, як видра річкова, борсук, зміїд, сова сіра, лелека, сірий журавель, мідянка, ящірка живородна та інші. У складі фауни представлено понад 60 раритетних видів, серед яких 20 видів занесено до Червоної книги України.

Гетьманський національний природний парк створено на базі трьох гідрологічних заказників загальнодержавного значення (Бакирівський, Климентівський, Хухрянський), розташованих у заплаві ріки Ворскла, для збереження, відтворення і раціонального використання типових та унікальних комплексів Лівобережного лісостепу. Природна рослинність представлена 5 типами: лісова, чагарникова, лучна, болотна та водна. Рослинний і тваринний світ досить різноманітний. У складі флори налічується понад 1013 видів рослин, а у складі фауни 2580 видів тварин. Багато представників біоти занесені до Червоної книги України: тварини — журавель сірий, видра річкова, горностай, мінога українська, джміль моховий, жук-олень, махаон; рослини — косарики тонкі, любка дволиста, пальчатокорінник травневий та інші. Загалом для фауни характерне домінування лісостепових видів. Окрім них, тут мешкають деякі тайгові види, зустрічаються форми південного походження та західноєвропейських видів.

Заказники

На території лісостепу існує велика кількість заказників. Одним із них є ботанічний заказник загальнодержавного значення «**Вовчанський**» розташований у заплаві річки Вовчої, лівобережної притоки Сіверського Дінця, на крейдяних схилах крутого правого берега. Найбільш цінними на території заказника є крейдиані і степові фітоценози, де в рослинному покриві переважають чебрецеві і чебрецево-ковилкові угруповання, а також байрачні ліси. Тут зростають близько 500 видів трав'янистих рослин, 20 видів дерев і чагарників. 50 видів судинних рослин є рідкісними для Північного Сходу

України, 10 видів занесені до Червоної книги України. Серед них унікальна реліктова рослина вовчі ягоди Софії, яка зустрічається в Україні лише в заказнику «Вовчанський». Охороняється тут і рідкісний, ендемічний, реліктовий вид басейну річки Дон переломник Козо-Полянського. На території заказника виявлено 63 види лишайників, із яких до Червоної книги України занесені сквамарина щетиниста і лептогій Шредера. Заказник також є місцем поселення корисної ентомофауни.



www.shutterstock.com • 1097354849



www.shutterstock.com • 1539350564

Мал. 72.1. Канівський природний заповідник



www.shutterstock.com · 186728771

Мал. 72.2. Типовий представник фауни видра річкова

Ключова ідея

Важливу роль у охороні природних ресурсів відіграє створення природно-заповідних територій. На території Лісостепу розташовані Канівський природний заповідник, кілька національних природних парків (такі як Слобожанський та Гетьманський) та велика кількість заказників (наприклад, ботанічний заказник загальнодержавного значення «Вовчанський»).

Перевірте свої знання

1. Які ендемічні і реліктові види охороняються в межах природоохоронних територій лісостепової зони?
2. Чому на території Слобожанського національного природного парку об'єктами значну цінність мають осоко-сфагнові та гіпно-сфагнові болота?

Компетентнісно орієнтовані завдання

1. Творча робота. Створіть ментальну карту (мапу думок) «Характерні рослини лісостепу». Які екологічні умови дозволили цим рослинам опанувати природну зону?
2. Складіть схему ланцюга живлення в зоні лісостепу. Порівняйте схеми однокласників.
3. Виготовіть лепбук «Природні комплекси лісостепу».
4. Розгляньте світлини. З'ясуйте, які тварини не мешкають у лісостеповій зоні. Поясніть, чому.



5. Ознайомтеся з таблицею представників рослин лісостепу. Порівняйте рослини за їх біологічною класифікацією. Визначіть спільні та відмінні риси. Які критерії виду притаманні даним рослинам?

Таксон	Горицвіт	Конюшина
Вид	Горицвіт весняний	Конюшина повзуча
Рід	Горицвіт	Конюшина
Родина	Жовтецеві	Бобові
Порядок	Жовтецевоцвіті	Бобовоцвіті
Клас	Дводольні	Дводольні
Відділ	Квіткові	Квіткові
Субдомен	Еукаріоти	Еукаріоти

6. За допомогою методу Fishbone поясніть найпоширеніші проблеми лісостепової природної зони. Обговоріть результати роботи.

Тема 12. Біорізноманітність українських степів

§ 73. Український степ. Біота

Поміркуйте

Чому на території Українського степу утворилися одні з найбільш родючих типів ґрунтів — чорноземи?

Згадайте

Які пристосування виникли у тварин і рослин для існування в умовах степу (морфологічні, фізіологічні, поведінкові)?

Українські степи

Український степ є частиною степової зони й охоплює 40 % території України — від лісостепу на півночі до Азово-Чорноморського узбережжя і Кримських гір на півдні. Його протяжність із півночі на південь становить приблизно 500 км, а із заходу на схід — понад 1070 км.

Територія Українського степу займає південну частину Східноєвропейської рівнини, охоплює схили Придніпровської, Подільської, Донецької, Приазовської височин, Причорноморської низовини, Північнокримської рівнини.

Переважна частина території Українського степу рівнинна. Ґрунотвірними породами є леси, лесовидні суглинки, алювіальні піски. На півночі регіону представлені звичайні і глибокі чорноземи, а на півдні менш родючі темнокаштанові ґрунти.

Клімат континентальний і помірно-континентальний у північно-західній частині з підвищенням континентальності на південь. Притаманні доволі високі температури влітку (середні показники становлять 21–23⁰С на півночі і 25–30⁰С на півдні, а максимальна температура 38–41⁰С). В умовах такого температурного режиму дуже велике значення мають такі фактори, як кількість опадів. Якщо в північній частині їхня кількість більш або менш достатня (450 мм), то на півдні ця кількість для нормального існування багатьох видів деревних рослин недостатня. Адже кількість опадів місцями не перевищує 150 мм.

Узагалі регіон вирізняється великою невідповідністю між річною кількістю опадів та випаровуваністю (співвідношення складає 0,5–0,6). Кліматичні фактори, що негативно впливають на зростання деревної рослинності, крім згаданих вище посухи і різких змін зволоженості повітря, — постійне чергування морозних днів із відлигами, ранні осінні і весняні заморозки, незначна глибина снігового покриву та його нестійкість протягом зими або відсутність під час сильних морозів.



Астрагал пухнастоквітковий

Серед рослин степу є такі, що уникають посухи: це ефемери й ефемероїди. Їхній цикл розвитку проходить у сприятливіший період і завершується з настанням посухи, під час якої однорічники-ефемери повністю засихають, а в багаторічників відмирають лише надземні органи, а підземні (кореневища, бульби, цибулини) залишаються живими. Для значної кількості рослин притаманні риси ксероморфної організації — опушені листки або листки мають невеличкі листкові пластинки чи листочки у складних листках (волошки, цмин пісковий, грудниця волохата, астрагал пухнастоквітковий).



Тхір степовий



Гадюка степова

Тваринний світ степів пристосований до існування на відкритих просторах у дуже посушливих кліматичних умовах. Типовими представниками фауни є плазуни — степова гадюка, жовтобрюхий полоз; птахи — жайворонок, перепілка, вівсянка, сіра куріпка, зрідка зустрічаються степовий орел, канюк; гризуни — ховрах, бабак, тушканчик; хижаки — тхори степовий і перев'язка, кам'яна куниця, лисиця-корсак.

Ключова ідея

Вирішальне значення, що визначає специфіку природних комплексів Українського степу, мають високі температури влітку і недостатність опадів, а також переважання випаровування над кількістю опадів. Разом із тим, живі істоти адаптувалися до життя в таких умовах завдяки особливостям морфологічної будови і специфіки життєвого циклу.

Перевірте свої знання

1. Які кліматичні фактори негативно впливають на зростання деревної рослинності на території Українського степу? 2. Яким чином трав'яні рослини пристосувалися до життя в умовах посушливого клімату? Наведіть приклади.

§ 74. Український степ. Природні комплекси

Поміркуйте

Що може обумовлювати неоднорідність рослинного покриву степів?

Згадайте

За якими ознаками рослини можна виявити специфіку її середовища існування?

Рослинність Українського степу

Типчаково-ковиліві степи розташовані на південь від різнотравно-типчаково-ковилівих на південних чорноземах і, частково, на темно-

каштанових ґрунтах. На відміну від північного степу, тут відсутня різноманітність різнотрав'я, у складі якого переважають ксерофітні рослини: кермек сарептський, ферула східна, роговик український, полин австрійський, різак звичайний, шавлія степова.

Угруповання різнотравно-типчаково-ковилових степів, як правило, утворюються на середньоглибоких мало- і середньогумусованих чорноземах, що локалізовані в північній частині регіону. У рослинному покриві домінують представники щільнодерновинних злаків — ковили (волосистої, Лессінга, української), костриця валіська, кипець гребінчастий. Зустрічаються також житняк гребінчастий, тонконіг вузьколистий, тимофіївка степова, пирій, декілька видів костреців. У складі різнотрав'я широко представлені конюшини (гірська і альпійська), люцерна румунська, горицвіт весняний, підмаренники (справжній і руський), жабриця рівнинна, дивина фіолетова.

Невід'ємною складовою флори степів є ефемери та ефемероїди, які тут представлені великою кількістю видів: костянець зонтичний, піщанка чебрецелиста, веснянка весняна, крупка дібровна, тонконіг бульбистий, гіацинтик блідий і Паласів, зірочки цибулиноносні, рястка Гуссона, тюльпани та багато інших.

Поширення полиново-злакових степів пов'язано з наявністю світло-каштанових більш-менш солонцюватих і темно-каштанових сильносолонцюватих ґрунтів. Структурну організацію травостою визначають не лише представники злаків (костриця овеча, житняк гребінчастий, ковила волосиста тощо), але насамперед види полину (сантонінський, кримський та інші).



www.shutterstock.com - 1594856866

Кермек

На сильно засолених ділянках у складі рослинного покриву формуються угруповання за участю галофітних рослин: солонцю європейського, содника простертого, сарсазана шишкуватого, кермеку Мейєра, покісниці Фоміна.

Лучна рослинність фрагментарно зустрічається на схилах яруг і байраків, але переважно вона зосереджена в заплавах річок. Тут представлені справжні лучнотонконогові, лучнокострицеві, лучнотимофіївкові, повзучепирійні, звичайнобекманієві луки. По більш зволоженим зниженнях формуються рослинні угруповання болотистих луків із домінуванням у складі травостою очеретянки звичайної, осоки гострої, лепешняку водного.



www.shutterstock.com · 1428636158

Лучна рослинність

У долинах великих і середніх річок трапляються ділянки заплавних осокових, в'язо-дубових, вербових і вільхових лісів. Подекуди значні площі займають долинні сосново-дубові ліси.

Окремі фрагменти дібров можна зустріти на вододілах (особливо в північній частині регіону), але найбільш вони представлені в тальвегах і на схилах північної експозиції байраків.

Загалом природна лісова рослинність малопоширена порівняно з попередніми регіонами, що обумовлено сухістю клімату, дефіцитом вологи, а також є наслідком вирубування дерев. Наразі великого значення набули штучно створені лісові насадження як із видів природної флори, так і видів-інтродуцентів.

Ключова ідея

В умовах Українського степу у формуванні рослинного покриву головна роль належить угрупованням трав'яних багаторічних рослин, що представляють зональний тип

рослинності: різнотравно-типчаково-ковилові, типчаково-ковилові і полиново-злакові степи. Деревна рослинність здебільш поширена в долинах річок і байраках.

Перевірте свої знання

1. З якими типами ґрунтів пов'язані різнотравно-типчаково-ковилові, типчаково-ковилові і полиново-злакові степи? 2. Які види рослин є типовими представниками рослинних угруповань, що утворюються на засолених ґрунтах? 3. Обґрунтуйте, чому штучно створені лісові насадження сьогодні є вкрай важливими.

§ 75. Український степ. Охорона біорізноманіття

Поміркуйте

Які заходи можуть сприяти відтворенню типових і унікальних природно-ландшафтних комплексів Українського степу?

Згадайте

Що обумовлює різноманітність фауністичних комплексів?

Представники раритетної частини біоти Українського степу охороняються на території декількох національних парків і заповідників.

Український степовий природний заповідник створено з метою збереження в природному стані ксерофітного варіанту різнотравно-типчаково-ковилових степів, петрофільних степів на гранітах, лучних степів, кретофільної флори, байрачних лісів та крейдіяно-соснових борів. Особлива гордість заповідника — ковила, якої тут налічується 14 видів. За цим показником він не має собі рівних у світі.

Крім ковил, до Червоної книги занесені такі рослини, як волошки несправжньооблідолускова і Талієва, шафран сітчастий, півонія тонколиста та багато інших. Червонокнижними представниками фауни є тхір степовий, їжак вухатий, гадюка степова, полоз жовточеревий, мідянка, джмелі глинистий і пахучий, дибка степова, коник-товстун степовий та інші. Значна кількість рідкісних птахів трапляється лише взимку або при перельотах навесні та восени (сорокопуд сірий, дрофа, підорлик великий, орел степовий, орел-карлик, лунь польовий, кроншнеп великий, змієїд, журавель степовий).

Національний природний парк «Великий Луг» створений із метою збереження, відтворення типових і унікальних природно-ландшафтних комплексів степової зони, зокрема різнотравно-типчаково-ковилових степів і їх петрофітних і псамофітних різновидів, лучних і чагарникових степів. З-поміж видів, що занесені до Червоної книги України, — цимбохазма дніпровська, астрагал шерстистоквітковий, тамарикс стрункий, тюльпани дібровний, гранітний Шренка, брандушка різнокольорова, рястка Буше, волошка короткоголова тощо. Ландшафтне і біотопічне різноманіття

зумовлює і різноманітність фауністичних комплексів, зокрема, рідкісної степової фауни. Так, із «червонокнижних» видів птахів тут зустрічаються канюк степовий, лунь польовий і степовий, балобан, сапсан, боривітер степовий, дрофа та інші.



Сапсан



Боривітер степовий

Природний заповідник «Єланецький степ» призначений для збереження та відтворення степових природних комплексів і є першим (і поки що єдиним) степовим заповідником Правобережної України. Тут охороняється найбільша в Північно-Західному Причорномор'ї ділянка цілинного степу.

Чорноморський біосферний заповідник практично став головним центром, де охороняються найбільш багаті та повночленні природні комплекси рослинного світу крайнього півдня, зокрема, пустельно-степовий.

На території зустрічається близько 60 видів ендемічних рослин, з яких вузьколокальними ендемами є такі представники: ковила дніпровська, жовтозілля дніпровське, козельці дніпровські, чебрець дніпровський, астрагал дніпровський тощо. Багатою є також і фауна заповідника. Зокрема, фауна плазунів — одна з найрізноманітніших серед заповідників України.

Біосферний заповідник «Асканія Нова» займає особливе місце з-поміж заповідних об'єктів України. Історія заповідання цієї території нараховує близько 110 років. Особливо велике значення має територія заповідника для збереження мігруючих видів птахів (сірих журавлів, крижнів та інших видів). Заповідник забезпечує збереження рослинності, у складі якої представлені, зокрема, справжні, лучні і чагарникові степи, з яких до Зеленої книги України занесено одну чагарникову і три степових рослинних угруповання.



www.shutterstock.com • 28498654

Група бізонів в Асканія-Нова

Загалом на території Українського степу наявна низка рослинних угруповань, що входять до Зеленої книги України: мигдалю низького, осоки низької, півонії тонколистої, пірію ковилолистого, а також ковил (волосистої, вузьколистої, пірчастої, найкрасивішої, пухнастолистої, дніпровської, Лессінга, Залеського).

Ключова ідея

На території природно-заповідного фонду Українського степу одним із пріоритетних об'єктів охорони є ділянки, на яких представлені види степової флори. Хоча панівним типом рослинності степової зони є саме рослинні угруповання степів, наразі їх площа зменшується внаслідок значного розорювання територій.

Перевірте свої знання

1. Які типи природних комплексів охороняються на території заповідників і національних природних парків, що розташовані у межах Українського степу?
2. Для декількох представників раритетної фіто- і зообіоти, що є об'єктами охорони і занесені до Червоної книги України, знайдіть інформацію про те, що призвело до зниження їхньої чисельності.

Компетентнісно орієнтовані завдання

1. Творча робота. Створіть ментальну карту (мапу думок) «Характерні рослини степу». Які екологічні умови дозволили цим рослинам опанувати природну зону?
 2. Складіть схему ланцюга живлення в степу. Порівняйте схеми однокласників.
 3. Виготовіть лепбук «Природничі комплекси степу».
4. Знайдіть помилки в тексті. Обґрунтуйте свій вибір.

Рослини пристосувалися до життя в умовах степу. У більшості рослин наявне соковите стебло та великі листки. Завдяки цьому зменшується випаровування води. Рослини степу мають довге коріння для всмоктування води з глибини. Серед тваринного світу тут поширені дикі кабани, вогняний полоз, лисиця-корсак і сліпаки.

5. Розгляньте типових представників українського степу: бабак степовий, лисиця-корсак, борсук. Створіть їхню таксономічну ієрархію. Поясніть, як тварини пристосувалися до посушливих кліматичних умов степу.

6. Розгляньте зображення трьох тварин у хаотичному розташуванні. Усно розташуйте тварин згідно з умовою: перша з них раніше жила у відкритих просторах степу, а нині мешкає в заповіднику Асканія-Нова, друга тварина належить до групи роду антилоп, а третя належить до над родини стрибкуваті.

7. Використовуючи мережу Інтернет та за допомогою технології SWOT-аналізу, промоніторте сильні та слабкі сторони, можливості та загрози розвитку степової природної зони України.

Сильні сторони	SWOT- аналіз Розвитку степової природної зони України	Слабкі сторони
Можливості		Загрози

Тема 13. Біорізноманітність Українських Карпат

§ 76. Українські Карпати. Біота

Поміркуйте

Які кліматичні умови характерні для високогір'я? Яка їх специфіка порівняно із кліматом низовин?

Згадайте

Що означають такі поняття, як «реліктовий вид», «ендемичний вид»? Наведіть приклади таких видів.

Які пристосування мають живі істоти до життя в умовах високогір'я (морфологічні, фізіологічні, поведінкові)?

Особливості Українських Карпат

Українські Карпати розташовані в Південно-Західній частині України. Найбільшої висоти ця гірська система сягає в Чорногорії — Говерла 2061 м, Петрос 2022 м. Гірський рельєф представляє суміш глибоких річкових долин, стрімких схилів урвищ і виступів гірських порід. Хребти асиметричні: північно-східні схили круті, а південно-західні — пологі. Середня висота хребтів — від 700 до 1500 м. Тут поширені льодовикові форми рельєфу: цирки (чашоподібні заглиблення з крутими скелястими стінами і полого увігнутим днищем) і кари (напівзамкнені кріслоподібні заглиблення). У долинах збереглися морени з грубоуламкового матеріалу.



www.shutterstock.com · 1985857397

Карпатські гори. Озеро Синевир

Географічне положення Українських Карпат зумовлює їх помірно континентальний клімат, який характеризується вологістю повітря та

інтенсивною діяльністю вітрів південно-західних румбів. Характер атмосферної циркуляції повітря залежить від положення регіону відносно панівного західного переносу повітряних мас у середній частині тропосфери. Вологі західні полярно-морські повітряні маси іноді поступаються сухим полярно-континентальним сибірським, які взимку обумовлюють наявність більш холодного повітря, а влітку — більш сухого.

Орографічний фактор (особливості рельєфу) дуже сильно впливає на формування клімату не території Українських Карпат. Так, на висоті 600 м середньорічна температура становить 6 °С, а на двічі більшій висоті вже 3,2 °С; кількість опадів відповідно коливається від 1100 до 1300 мм. Взагалі вітроударні південно-західні схили вологіші за північно-східні.

В Українських Карпатах чітко можна виділити такі вертикальні пояси рослинності: передгірний, нижній і верхній гірський лісовий, субальпійський і альпійський. Клімату останніх двох поясів притаманні високогірні риси. Важливими рисами, які відрізняють клімат високогір'я Українських Карпат від клімату долин, є відмінності в температурному режимі і зволоженні, а також посилена вітрова діяльність за участю схилових течій. Із підйомом угору температура повітря і ґрунту знижується. Дослідження показали, що з висот понад 1000 м над рівнем моря температура повітря знижується на 0,6-0,8 °С. Разом із тим, у межах згаданих вище поясів клімат також неоднорідний і залежить від характеру мезорельєфу, умов зволоженості земної поверхні, особливостей рослинного покриву. Так клімат гребенів і верхніх частин гірських хребтів характеризується суворістю, клімат середньої частини схилів менш холодний, із незначною кількістю літніх заморозків на поверхні ґрунту. Кліматичні особливості карів, їхня гумідність (вологість повітря) обумовлені тим, що взимку тут залягають потужні снігові маси, які влітку в окремих місцях залишаються тривалий час.

На ділянках, де гірські породи покриті осадовими, сформувалися дерново-підзолисті, буроземно-підзолисті, дерново-буроземні ґрунти. На різноманітних геологічних породах формуються численні бурі лісові й альпійські торф'яністі ґрунти. Оскільки зі зміною висоти над рівнем моря змінюється клімат і ґрунтовий покрив, це, своєю чергою, впливає на формування рослинного покриву і диференціацію тваринного населення.

Флора і фауна Українських Карпат

Специфічною ознакою як флори, так і фауни Українських Карпат є наявність у їхньому складі значної кількості реліктових і ендемічних видів. Представниками загальнокарпатських ендемів є вечірниця біла, грушанка карпатська, молочай карпатський, а ендемами південнокарпатського регіону є

аконіт низький, волошка карпатська, фіалка відхилена. Поміж ендемічними рослинами зустрічаються також дріада восьмипелюсткова, волошка східнокарпатська, ліннея північна, бартсія альпійська, айстра альпійська тощо. Представниками ендемічних видів тварин є тритон карпатський, саламандра плямиста, пігмаропалітес карпатський, пічкур карпатський, дуваліус закарпатський, простеномфалія карпатська та інші.



Дріада восьмипелюсткова

У передгір'ях і горах Українських Карпат можна зустріти кілька видів тритонів (гребінчастий, альпійський і карпатський), гостроморду і трав'яну жаб. Із плазунів найбільш поширеними видами є веретільниця, вуж звичайний, мідянка, гадюка звичайна, прудка і живородна ящірки; із дрібних ссавців — мідичі мала, звичайна та альпійська, мала та велика рясоніжки, хатня і жовтогорла миші, темна, Шермана і снігова полівки; з гризунів — вивірка лісова з чорно-коричневим аж до чорного забарвленням хутра, три види вовчків (сірий, ліщиновий і соня лісова). Зрідка трапляються олень благородний, ведмідь бурий, рись, кіт лісовий. Також зустрічаються сарна європейська і свиня дика.



Мідянка звичайна

Взагалі, у складі біоти Українських Карпат збереглися види різних геологічних періодів і різних регіонів: третинні релікти, до яких належить багато карпатських ендеміків; альпійські види, поширені переважно в горах Середньої Європи (у Карпатах проходить північно-східна межа їхнього ареалу); льодовикові релікти з диз'юнктивними ареалами; мігранти різних геологічних періодів, що проникли в Карпати завдяки діяльності людини.

Ключова ідея

Особливості клімату Українських Карпат зумовлені їх географічним положенням (помірно континентальний гумідний клімат). Орографічний фактор дуже сильно впливає на диференціацію клімату в межах регіону. Найбільш чітко це відбивається в наявності висотної поясності. У складі біоти Українських Карпат збереглися види різних геологічних періодів і різних регіонів. Для флори і фауни Українських Карпат характерний дуже високий ступінь ендемізму.

Перевірте свої знання

1. Висловіть свої міркування стосовно того, чому для біоти Українських Карпат притаманний високий ступень ендемізму.
2. Поясніть, чому стрімкість схилів і висота над рівнем моря значною мірою впливають на формування рослинного покриву. Наведіть приклади.

§ 77. Українські Карпати. Природні комплекси

Поміркуйте

Чому у складі флори і фауни Українських Карпат багато ендемічних і реліктових видів?

Згадайте

Що таке висотна поясність? Які висотні пояси характерні для Українських Карпат?

У передгір'ї Українських Карпат ділянки із сільськогосподарськими культурами чергуються з природною рослинністю. У складі останньої значні площі займають діброви з дуба звичайного, до якого домішуються граб звичайний, бук лісовий і ясен. У підліску поширені ліщина, бруслина, клен татарський. Менше поширення мають діброви із домінуванням дуба скельного. На місці вирубаних лісів сформувалися суходільні луки за участю мітлиці звичайної, костриці червоної, пирію повзучого, декількох видів конюшини тощо.

У структурі рослинного покриву нижнього гірського лісового поясу переважають рослинні угруповання з домінуванням буку лісового. Ліси цього типу займають приблизно 30 % лісовкритої площі. На межі нижнього і верхнього гірського поясу розташована вузька смуга буково-смерекових лісів, що переходить у ялинові ліси з ялини європейської і гірської. У підліску ялинників поширені малина, бузина червона, зустрічаються шипшина альпійська, смородина карпатська, а у травостої — квасениця звичайна, чоловіча папороть. У складі лучної рослинності на місці вирубаних лісів наявні мітлиця тонка, костриця червона, біловус стиснутий. Представниками флори Українських Карпат є такі види, як купальниця європейська, скорцонера рожева, фіалка гірська, арніка та інші.



www.shutterstock.com · 2053095674

Карпатські ліси

Верхній гірський лісовий пояс змінюється субальпійським, у структурі якого переважають полонини — безлісні простори із трав'янистою рослинністю, що використовуються як пасовища і сіножаті. Домінує у складі цих рослинних угруповань переважно біловус стиснутий, рідше зустрічаються щучка дерниста, костриця мальована, осока вічнозелена, тонконіг

альпійський. Нерідко на полонинах можна зустріти зарості ялівця сибірського. На стику субальпійського і верхнього лісового поясу знаходиться так зване криволісся. Тут під односторонньою дією вітру дерева — бук, ялина — набувають прапороподібної форми. У східній частині Українських Карпат значні площі займає сосна гірська (жереп). Це невисока, до 2–3 м, деревна рослина, що утворює місцями дуже щільні, важко прохідні зарості, які укріплюють схили і захищають їх від обвалів та ерозії. Уздовж струмків утворює густі зарості вільха зелена, що теж має велике ґрунтозахисне значення.

Альпійський пояс характеризується відсутністю заростей ялівця і біловуса. Натомість тут на кам'янистих ґрунтах поширені рододендрові і лохинові угруповання, а по довгосніжним видолінкам — різнобарвні угруповання альпійських лук із чисельними високогірними видами різнотрав'я (тирлич жовтий, первоцвіт карпатський, анемона нарцисоцвіта). На виступах стрімких скель можна зустріти кострицю лежачу, поверхню кам'янистих розсіпів вкривають низкорослі рослини подушкоподібної форми (кардамінопсис занедбаний, роговик альпійський) і білоповстистоопушені (едельвейс, котячі лапки карпатські, волошка м'яка).

Ключова ідея

Склад і структура рослинних угруповань насамперед залежить від висоти над рівнем моря, експозиції схилів, їх стрімкості, ступеня роздрібненості гірських порід і розвитку ґрунтового покриву. Певні типи рослинних угруповань утворилися і наразі займають значні площі внаслідок людської діяльності.

Перевірте свої знання

1. Які типи деревних рослинних угруповань представлені на території Українських Карпат?
2. Де в межах Українських Карпат локалізовані трав'яні рослинні угруповання? Які види визначають їхню структуру?

Цікава інформація

У флорі Українських Карпат наявно чимало систематично ізольованих таксонів. Так, наприклад, із шести видів аконітів один — аконіт Жакена — має жовті, а не фіолетові квітки. Подібною систематичною ізоляцією характеризується жовтець татранський — єдиний представник цього роду із цілісними круглими стеблообгортними листками, який трапляється на скелях альпійського поясу.

§ 78. Українські Карпати. Охорона біорізноманіття

Поміркуйте

Чому у складі біоти Українських Карпат наявна дуже велика кількість рідкісних видів із Червоної книги України?

Згадайте

Які типи рослинних угруповань поширені на території Українських Карпат?

Які з них потребують охорони і чому?

Національні природні парки України

Карпатський національний природний парк (50,3 тис. га) знаходиться у верхів'ях Пруту і Черемошу. Тут зосереджені середньовисотні Горгани, Ворохта-Путильське низькогір'я, у якому значну площу займають ліси, луки і пасовища. У парку багаті рослинність і тваринний світ (близько 60 % усієї флори Українських Карпат). До Червоної книги України занесено 80 видів рослин: рододендрон східнокарпатський, арніка гірська, родіола рожева, сон білий, ліннея північна, баранець звичайний, плаун річковий, сосна кедрова європейська, журавлина дрібноплода, значна кількість видів зозулинцевих, що трапляються на післялісових луках і верхових болотах та інші. До Зеленої книги України занесено 32 рослинні угруповання: 3 лісові, 4 чагарникові, 12 лучних та 9 болотних.



www.shutterstock.com • 2052219743

Природа Карпатського національного природного парку

Різноманіття природних комплексів зумовлює і різноманіття фауни. У темнохвойних лісах є снігур і горіхівка (представники тайгових птахів), у холодних гірських водотоках живе струмкова форель. До Червоної книги України занесено 44 види тварин, зокрема карпатський та альпійський

тритони, саламандра плямиста, мідянка, чорний лелека, беркут, польовий лунь, сапсан, глухар, дятел трипалій, борсук, видра, рись тощо.

Національний природний парк Синевир розташований у верхів'ях річок Ріка і Тересля, у верхів'ях якої (989 м) знаходиться відоме озеро Синевир. Район характеризується різким вертикальним розчленуванням, крутосхилими формами рельєфу, кам'янистими осипищами, глибокими річковими долинами, багатими і різноманітними флорою та фауною. Зокрема, до Червоної книги України занесено 45 видів рідкісних рослин, що поширені на території парку (арніка гірська, плаун річний, холодок коротколистий, меч-трава болотна, баранець звичайний, тис ягідний, сосна кедрова європейська, лунарія оживаюча, журавлина дрібнолиста та інші види). До Зеленої книги України занесено 9 рідкісних рослинних угруповань, в основному відкритих та смереково-рідколісних оліготрофних боліт, яворових і сіровільхових лісів та гірськососново-сфагнового криволісся.

Тваринний світ різноманітний, представлений багатьма типовими видами фауни Українських Карпат. До раритетної складової фауни належать рідкісні види птахів: глухар, орел-беркут, лелека чорний, завирушка альпійська, пугач, зміїд. Усього до Червоної книги України занесено 41 вид тварин, що мешкають на території парку.

Карпатський біосферний заповідник (57,9 тис. га) створено на основі Карпатського природного заповідника. До складу заповідника входять п'ять окремих гірських масивів (філіалів), розміщених у різних гірських районах Українських Карпат. На території Угольсько-Широколужанського масиву, що знаходиться в центральній частині Українських Карпат, охороняються найбільші в Європі букові праліси, а також ділянки таких реліктових лісостанів, як ягідний тис, широколиста липа, європейська та біла ялина. Унікальною пам'яткою природи є найвищий в Українських Карпатах Чорногірський масив, на території якого охороняються не лише старі ялинові і ялицеві ліси, а також субальпійські і альпійські природні комплекси.



www.shutterstock.com · 414254413

Ландшафт Карпатського біосферного заповідника

Ключова ідея

Одним із завдань створення мережі природно-заповідних територій є не лише збереження центрів концентрації рідкісних видів біоти і рідкісних природних комплексів, але й репрезентативність у її межах типових для регіону біотопів.

Перевірте свої знання

1. Назвіть причини зниження чисельності видів, що призводять до необхідності внесення їх до Червоної книги України.
2. Які види рідкісних видів тварин поширені поза межами Українських Карпат на території інших регіонів України?

Компетентнісно орієнтовані завдання

1. Поміркуйте, в якому рядку подано лише червонокнижних тварин Українських Карпат?
Визначте, що вплинуло на їхню адаптацію саме до цієї природної зони. Чому скорочується чисельність популяції цих тварин?
 - Довгокрил, тетерук, бізон, дрофа
 - Зміїд, тетерук, сова довгохвоста, беркут
 - Сова довгохвоста, орел степовий, зміїд, дрофа
2. Проаналізуйте діаграму «Розміщення лісів на території України». Поміркуйте, яку екологічну роль виконує Карпатський регіон.



3. Творча робота. Створіть ментальну карту (мапу думок) «Характерні рослини Українських Карпат». Які екологічні умови дозволили цим рослинам опанувати природну зону?
4. Складіть схему ланцюга живлення в зоні Українських Карпат. Порівняйте схеми однокласників.
5. Виготовіть лепбук «Природні комплекси українських Карпат».
6. Дослідіть, у чому полягає небезпека планового будування гідроелектростанцій у Карпатських горах.
7. Дятел білоспинний (*Dendrocopos leucotos*) — рідкісний птах, занесений у Червону книгу України. За годину з кори дерев він добуває близько 55 шкідників: личинки, жуки, комахи. Кількість личинок відноситься до кількості жуків, як 5:4, кількість комах становить 50 % від кількості жуків. Скільки

шкідників знищує дятел за 16 годин?

Тема 14. Біорізноманітність Гірського Криму

§ 79. Гірський Крим. Біота

Поміркуйте

Які особливості висотної поясності характерні для Українських Карпат?

Згадайте

Які тварини живуть у Карпатах?

Особливості кримських гір

Гірський Крим займає площу 10 тис. км², що складає менше 1 % площі України. Він являє собою підвищену до 1000–1500 м над рівнем моря складчато-брилову гірську систему, ширина якої 50–60 км. Складається з трьох паралельних гряд, які простягаються уздовж узбережжя Чорного моря з південного заходу на південний схід. Найкоротшою є Зовнішня гряда, більш довшою — Внутрішня, найдовшою — Головна (до 180 км). Гряди мають пологі північні схили і обривисті, круті південні. Найвищою є гора Роман-Кош, висота якої 1545 м над рівнем моря. Головна гряда одночасно виступає вододілом.

За кліматичними показниками Гірський Крим відноситься до трьох кліматичних областей. Власне гори характеризуються помірно-прохолодним кліматом. Із підняттям на 100 м на північному макросхилі середньорічні температури знижуються на 0,5°C, а на південному на 0,7 °C. На відміну від температури розподіл опадів визначається не лише висотою над рівнем моря, але і впливом циклонів (вологих атлантичних і середземноморських повітряних мас) і антициклонів. На вищих західних яйлах випадає багато опадів (900–1100 мм на рік), а на східних нижчих яйлах сума річної кількості опадів значно менша (600–800 мм), більшість із них випадає влітку.

Передгір'я (центральна і східна частина) межують із степовою зоною, тому тут панує помірно-теплий засушливий континентальний клімат. Оскільки вплив циклонів блокується гірською грядою, то річна кількість опадів становить 450–550 мм, яка менша за рівень випаровуваності у 1,5 рази. Південний берег і західна частина передгір'я знаходяться під переважаючим впливом вологих середземноморських повітряних мас, тому відносяться до субтропічного (середземноморського) клімату з м'якою вологою зимою і сухим теплим літом. Температурні показники вищі, ніж у передгір'ї. Влітку внаслідок підвищених температур і низької кількості опадів спостерігається період засухи, що суттєво впливає на розвиток рослинного покриву.

Грунтовий покрив Гірського Криму

Грунтовий покрив Гірського Криму доволі різноманітний. Найбільшу площу займають бурі лісові ґрунти. Їхня потужність сягає 1 м. Чорноземи формуються підстеповими ценозами передгір'я, а на плескатих вершинах яйл їх змінюють гірські лучно-чорноземні ґрунти, які формуються в умовах достатнього промочування атмосферними опадами. Дерново-карбонатні (рендзини) ґрунти утворюються на карбонатних відкладах нижніх поясів Зовнішньої гряди. Вони малопотужні, але характеризуються високою родючістю. Коричневі ґрунти характерні для ксерофітних лісів, заростей чагарників і однорічних саваноїдів. У пониженнях рельєфу трапляються лучні ґрунти, на заплавах річок — лучно-болотні й алювіальні.

Флора кримських гір

Порівняно з іншими гірськими системами, Гірський Крим є невисоким гірським масивом. Тут відсутні такі гірські пояси, як альпійський і субальпійський. Проте завдяки різноманітності рельєфу (значній крутизні схилів, обривам) формується висока різноманітність екотопів літофітного типу. Завдяки особливостям клімату в межах захищеної від північних вітрів нижній частині південного макросхилу утворилися природні комплекси субсередземноморського типу, а у верхніх поясах — лісового і лучностепового. Флора Гірського Криму багата на такі вічнозелені рослини як сунічник дрібноплідий, чист кримський, тамус звичайний, рускуси під'язиковий та понтійський.

Характерною особливістю Гірського Криму є відсутність боліт і природних комплексів бореального типу, що поширені або фрагментарно зустрічаються в межах інших регіонів. Останні заміщуються тут специфічними гірськими борами.

Фауна Кримських гір

Із ссавців досить типовими для фауни Гірського Криму такі види, як їжак білочеревий, заєць сірий, мишак уральський, полівка алтайська, ласка, куниця кам'яна, сарна європейська. Представниками фауни ссавців є також олень благородний, свиня дика, муфлон, лисиця руда, вивірка телеурка тощо. Найтипівішими представниками багатой видами фауни птахів у лісах є зяблик, великий строкатий дятел, чорна і велика синиці, чорний дрізд; на яйлі це жайворонок польовий, щеврик лісовий; на скелях зустрічаються серпокрильці, голуб сизий тощо. Поміж плазунами поширені три види ящірки (кримська, прудка і скельна), рідше зустрічається жовтопузик і дуже рідко можна побачити гекона кримського, жовточеревого і леопардового полозів.

Типовими представниками земноводних тут є квакша звичайна, ропуха зелена, жаба озерна.

Цікаво, що чимало видів ссавців фауни Криму відрізняються від типових, тому розглядаються як окремі ендемічні підвиди. Це такі підвиди, як мідія мала кримська, лисиця руда гірсько-кримська, куниця кам'яна кримська, олень благородний кримський тощо. Свого часу на територію Криму було завезено деяких тварин, які тут акліматизувалися: вівірка телеутка, муфлон, кабан дикий уссурійський. Необхідно зазначити, що хоча фауна безхребетних у Криму дуже різноманітна, тут немає багатьох типових для материка видів. Натомість поширено багато видів цикад, метеликів, серед яких є ендемічні види.

Ключова ідея

У межах Гірського Криму спостерігається значне різноманіття біоти, що обумовлено специфікою фізико-географічних умов. У складі флори і фауни наявні як типові представники біоти України, так і спостерігається багато ендемічних видів, а також видів, що не є характерними для інших регіонів України. Для рослинного покриву характерні загальні закономірності розподілу, типові для гірської поясності, але наявні і певні відмінності, зокрема відсутність рослинних угруповань альпійського і субальпійського поясів.

Перевірте свої знання

1. Які чинники визначають особливості біотичного різноманіття Гірського Криму?
2. Що є характерною особливістю Гірського Криму в порівнянні з іншими регіонами?

§ 80. Гірський Крим. Природні комплекси

Поміркуйте

Чому у складі фауни Гірського Криму відсутні типові представники, поширені у інших регіонах України, але наявні підвиди, що відрізняються від видів материкової фауни, а також є багато ендемічних видів?

Згадайте

Яким чином у рослинному покриві віддзеркалюється висотна поясність?
Які тварини були завезені до Гірського Криму?

Лісовий пояс кримських гір

Від узбережжя до висоти 450 м у складі лісової рослинності поширені пухнастодубові ліси з підліском із граба східного, а також зустрічаються угруповання ялівцю високого і фісташки туполистої, а на ділянках північної експозиції поширені угруповання дерну справжнього. Під впливом рубок ліси

дуба пухнастого замінюються густими заростями із грабинника східного або держидерева колючого.

На висоті від 400 до 900 м простягається широкий пояс лісів сосни кримської, яка по крутих обривах піднімається до самої яйли. У верхній частині цього поясу, до висоти 700—750 м над рівнем моря, крім борів із сосни кримської, поширені угруповання з домінуванням дубу скельного, звичайними супутниками якого є граб звичайний та ясен звичайний. Місцями рослинні угруповання дубу скельного займають великі площі, а у складі рослинних угруповань часто в значній кількості представлені субсередземноморські види. Вище, до самої яйли, лежить пояс букових, грабово-букових та грабових лісів (780—1200 м над рівнем моря). Звичайним супутником бука біля верхньої межі цих лісів є клен Стевена — один з ендемічних для Криму видів.

Ще вище від 900 м до 1200 м на вирівняних ділянках поширені типові букові ліси. У межах цього поясу зустрічаються бори, що утворені сосною Коха (в районі Гурзуфа) у поєднанні із сосною звичайною. У місці, де лісова рослинність переходить в угруповання трав'яного типу, вузькою смугою йдуть бори із сосни Сосновського.

Зона степів та луків

На висоті 1200 м над рівнем моря лісова рослинність поступається місцем степам і лукам. На вершині яйли розкинулися специфічні лучні степи, які на крутих схилах змінюються угрупованнями чагарників, а в карстових пониженнях — луками. Навесні тут квітнуть багато раноквітучих рослин, ефемерів і ефемероїдів, представникам яких є шафран кримський, сон кримський, зірочки Кальє, первоцвіт звичайний тощо. Домінують у трав'яному покриві степу костриця борозниста, типчак скельний бромопсис кападокійський та осока низька — реліктовий вид. Зрідка можна побачити сріблясті плями ковили каменелюбної. У складі цих угруповань трапляється велика кількість ендемічних видів.

Ключова ідея

Гірський Крим розташований на межі степової і середземноморської зон, тому його природні комплекси займають особливе місце. На різноманітність природних комплексів впливає висотна поясність, значне різноманіття форм рельєфу, відмінності в кліматичних умовах окремих частин території. Тут представлені різноманітні біоценози лісових, лучних, чагарникових екосистем, а також скель і приморських територій.

Перевірте свої знання

1. Чим різняться діброви Гірського Криму від дібров Українських Карпат? 2. Що спільного між карпатськими полонинами і кримськими яйлами?

§ 81. Гірський Крим. Охорона біорізноманіття

Поміркуйте

Що є чинниками біорізноманіття?

Згадайте

Яке основне призначення заповідників? З якою метою вони організовуються і які основні функції виконують?

Навіщо потрібні національні парки?

Ялтинський гірсько-лісовий заповідник

Ялтинський гірсько-лісовий заповідник розташований у південно-західній частині Криму на площі 14523,0 га і простягається уздовж Чорного моря із заходу на схід від Фороса до Гурзуфа на 49 км. Територія знаходиться у межах висот 380–1200 м над рівнем моря, на окремих ділянках опускаючись до моря. Рослинність у межах заповідника доволі різноманітна, спостерігається висотна зональність. Охороняються високоствольні соснові, букові та дубові ліси, іноді з вічнозеленим середземноморським підліском. На території заповідника представлено багато угруповань, занесених до Зеленої Книги України. Тут наявні 18 таких угруповань із 23, відомих для Гірського Криму, зокрема ялівцю високого, фісташки туполистої, сосни кримської та Коха, осоки низької, ковили каменелюбної тощо. Флора заповідника нараховує 1364 види судинних рослин, зокрема 115 ендеміків

Різноманітність природних умов, рослинного покриву зумовлює багатство фауни заповідника. У складі фауни представлено 37 видів ссавців, 150 видів птахів, 16 видів плазунів, 4 види земноводних, 90 видів комах та 119 видів молюсків. Із Червоної книги України у складі ентомофауни представлені богомолів (емпуза смугастого і боліварію коротко крилу), з інших груп туруна кримського, махаона, поліксену, носачку листовидну, сатира евксинського, чорнушку Фегея.

Із занесених до Червоної книги України тварин по берегах гірських потоків трапляються рясоніжка мала, у лісах борсук, у печерах, будівлях, дуплах дерев можна зустріти велику групу рукокрилих. Представниками цієї групи є великий і малий підковики, війчаста і триколірна нічниця, широкоух європейський, мала і велетенська вечірниця, гірський і білосмугий нетопир. У Ялтинському заповіднику дуже різноманітна орнітофауна, до складу якої входить 150 видів, з яких безпосередньо на території заповіднику гніздяться

40 видів. Разом із тим, наразі стали рідкісними орел-могильник, боривітер степовий, сокіл-сапсан та сокіл-балабан, яструб малий. Загалом на території заповідника мешкають 30 видів тварин, занесених до Червоної книги України.

Кримський природний заповідник

Кримський природний заповідник є одним із найбільших та найстарших в Україні заповідників. Тут охороняються найцінніші в Криму дубові, букові й кримськососнові ліси. При цьому на дубові ліси приходить більше половини лісових угідь (53 %), на букові ліси — 23 %, а на бори лише 12 %. Крім того, охороняються унікальні реліктові угруповання тиса ягідного, ялівцю високого. На території заповідника зареєстровано 1180 видів рослин, серед яких 90 видів ендеміків, 137 видів рослин і грибів занесено до Червоної книги України. Представлено 11 рослинних угруповань із Зеленої книги України.

Доволі різноманітною є фауна заповідника. З понад 200 видів хребетних тварин 37 видів належать до ссавців. Оскільки окрім суходолу до території заповідника входить водна акваторія Каркінітської затоки Чорного моря, в тому числі острови, у складі фауни представлено 160 видів птахів, 10 видів плазунів, 4 види земноводних і 6 аборигенних видів риб, з яких до Червоної книги України занесені 31 вид птахів, 3 види риб, 8 видів рептилій. Представникам видів, що занесені до Червоної книги України, зокрема, є скорпіон кримський, сольпуга звичайна, емпуза кримська, дибка степова, слимакоїд кримський, розалія альпійська, поліксена, бражник мертва голова, сколія степова, сколія-гігант, марена кримська, жовтопуз, полози жовточеревий та чотирисмугий, лелека чорний, журавель сірий, дрофа, хохітва, лежень, пугач, королік червоноголовий, шпак рожевий, підковики малий та великий, вечірниця велетенська і мала, нетопири гірський та білосмугий, широкоух європейський, борсук та ін.

Ключова ідея

Флора і фауна Гірського Криму характеризується великим біорізноманіттям, дуже багата рідкісними видами з Червоної книги України, а у складі рослинного покриву представлена значна кількість угруповань із Зеленої книги України. Переважна більшість цього різноманіття представлена на території природно-заповідного фонду, ретельно досліджується і належним чином охороняється від знищення.

Перевірте свої знання

1. Висловіть свої міркування з приводу того, чому на території Гірського Криму можна зустріти набагато більше представників рукокрилих у порівнянні з

лісостеповою і степовою зонами? 2. Поясніть, чому саме на території Ялтинського гірсько-лісового заповідника представлено 18 угруповань, занесених до Зеленої Книги України, із 23, відомих для Гірського Криму.

Цікаво знати

Цікавою є історія заповідання території, що входить нині до Кримського природного заповідника. Ще в 1913 році в малодоступній частині гірського Криму (Центральній котловині) на площі 3705 га було організовано «Заказник императорских охот». Тут була організована єгерська служба, а на горі Великій Чучелі виділено певну площу лісу для демонстрації завезених до Криму диких тварин: оленів, дагестанських турів та безоарових козлів із Кавказу, корсиканських гірських баранів муфлонів із «Асканії-Нова», європейських зубрів із Біловезької Пущі.

У заповіднику налічується 300 водних джерел, але найзнаменитішим є Савлух-су. Його вода містить багато мікроелементів і протягом усього року має постійну температуру 6–7°C. На території заповідника були зроблені також цінні археологічні знахідки — понад 80 історичних і культурних пам'яток.

Компетентнісно орієнтовані завдання

1. Творча робота. Створіть ментальну карту (мапу думок) «Характерні рослини Гірського Криму». Які екологічні умови дозволили цим рослинам опанувати природну зону?
2. Складіть схему ланцюга живлення в зоні Гірського Криму. Порівняйте схеми однокласників.
3. Виготовіть лепбук «Природні комплекси Гірського Криму».
4. Визначіть назву птахів Гірського Криму зображених на світлинах. З'ясуйте їхній спосіб існування, чисельність популяції, пристосування до кліматичних умов даної природної зони.



5. Проаналізуйте рідкісні види ссавців Кримських та Карпатських гір. Що зумовило таку різноманітність видів ссавців? Що є причиною зміни чисельності видів?

Рідкісні ссавці Кримських гір	Рідкісні ссавці Карпатських гір
-------------------------------	---------------------------------

6. Визначіть істинність тверджень
 1. Рослинність найбагатша в Україні.
 2. Характерною особливістю Гірського Криму є відсутність боліт.
 3. Представниками фауни ссавців є олень благородний, свиня дика, муфлон, лисиця руда.
 4. У Гірському Криму спостерігається чергування степової рослинності з ділянками лісу.
 5. Специфічною ознакою як флори, так і фауни є значна кількість реліктових і ендемічних видів
 6. Тваринний світ є порівняно бідним, але для нього характерні види, які колись були завезені з інших територій.

Тема 15. Біорізноманітність Чорного та Азовського морів

§ 82. Моря України. Біота

Поміркуйте

Яке морські ресурси споживають жителі України?

Згадайте

Які групи водоростей вам відомі?

Представники яких груп хребетних живуть у морях?

Особливості біоти морів України

Особливості видового різноманіття Чорного та Азовського морів пов'язані з їх геологічною історією. Велике значення для біоти цих морів мало утворення Боспорської протоки, яка з'єднала ці моря із Середземним морем приблизно 6–8 тисяч років тому. Наслідком цієї події стало надходження значно солоніших вод Середземного моря і масова загибель організмів, пристосованих до життя у водоймі з меншою солоністю. Звичайно, нові види з Середземноморського басейну також проникли. Але для них солоність нового басейну в багатьох випадках була замалою.

Основна частина видів організмів у Чорному морі зосереджена зосереджена на мілинах та в приповерхневому шарі, бо глибше 150–200 метрів знаходиться зона сірководню де мешкають прокаріотичні організми. Азовське море є мілким і заселене великою кількістю організмів по всій глибині.

Загалом морська біота налічує більше 170 видів грибів, понад 470 планктонних водоростей і понад 1000 планктонних безхребетних. Бентос також представлений значною кількістю видів водоростей (більше 300), вищих водних рослин (понад 150) та безхребетних (понад 1300 видів). Хребетні у складі морської біоти представлені більш ніж 150 видами (у тому числі 4 види ссавців).

Флора

Флора представлена великою кількістю видів фітопланктону та різноманітними макроскопічними водоростями. Зустрічаються представники червоних водоростей (філофора), зелених водоростей (ульва), бурих водоростей (цистозіра). З вищої водної рослинності зустрічається представник класу Однодольні зостера.

Безхребетні тварини

Фауна безхребетних представлена переважно ракоподібними і молюсками. Молюсків більше 200 видів, а ракоподібних більше 650 видів.

Молюски представлені двостулковими (мідіями) та черевоногими (рапана). Типовими жителями морів є креветки, раки-самітники і краби.

Рапана потрапила в Чорне море відносно недавно, у ХХ столітті (з 1947 року). Цього молюска завезли з тихоокеанського регіону. Він виявився доволі агресивним інвазивним видом і суттєво пошкодив популяціям двостулкових молюсків.

Також нещодавнім інтродуцентом є мнеміопсис (представник реброплавів). Він проник у моря регіону в 1982 році і завдав значної шкоди рибному господарству, бо є споживачем зоопланктону (основного корму для багатьох промислових видів) і мальків риб.

Типовими представниками морської фауни є представники жалких — коренерот і аурелія. Ці медузи інколи можуть масово розмножуватися, що створює проблеми для курортної галузі.

Хребетні тварини

Хребетні тварини у фауні морів представлені рибами (більше 150 видів), серед яких є як хрящові (акула катран, скат морській кіт), так і кісткові (камбала, кефаль, скумбрія, оселедець, шпрот тощо).

З водних ссавців зустрічаються тюлень монах та три види дельфінів. На узбережжі морів живе велика кількість птахів, зокрема пелікани, чайки, баклани.

Ключова ідея

Чорне і Азовське моря є місцем проживання великої кількості організмів. Там зустрічаються представники одноклітинних, ракоподібних, молюсків, жалких, реброплавів, риб, ссавців, птахів.

Перевірте свої знання

1. Які медузи масово зустрічаються в Чорному морі? 2. Які водорості можна зустріти в морських водах України? 3. Які інвазивні види тварин нещодавно проникли в Чорне й Азовське моря? 4. Які фактори впливають на різноманіття організмів у морях України?

§ 83. Моря України. Природні комплекси

Поміркуйте

Чи може відрізнятися солоність води в різних місцях Чорного та Азовського морів? Чому?

Згадайте

Які великі ріки впадають у Чорне і Азовське моря?

Хто такі хемоавтотрофи?

Безкиснева глибоководна зона

Характерною особливістю Чорного моря є наявність на глибині понад 150–200 м зони, насиченою сірководнем. Ця зона населена тільки анаеробними бактеріями і непридатна для життя більшості організмів. Її існування можливе завдяки відсутності суттєвого переміщення водних мас від дна до поверхні.

Потенційно ця зона може збільшуватися, що створює небезпеку для всього морського біоценозу та прибережних регіонів. Поки що не було отримано надійних даних про підняття цього шару, але потенційна загроза залишається, бо надмірне забруднення моря може сприяти такому перебігу подій.

Екосистеми шельфу

Найбільш продуктивною зоною обох морів є шельфова зона. Азовське море входить у цю зону повністю, бо його глибина не перевищує 14 метрів, а середня глибина складає тільки 8 метрів.

У цій зоні представлені як пелагічні, так і бентосні угруповання організмів. Добрий прогрів та велика кількість органічних сполук робить усе Азовське та північно-західну частину Чорного моря місцем масового розмноження планктонних організмів, які стають основою харчової піраміди цих районів. Завдяки гарній кормовій базі тут можливе існування великої кількості риби, що сприяє появі морських ссавців та птахів.

Суттєвою проблемою цих екосистем є періодичне занесення людиною інвазійних видів, таких як рапана або реброплав. Вони можуть ставати причиною зникнення місцевих видів та створювати проблему для всієї екосистеми.

Лимани

Лимани — це затоплені пригирлові частини річок або балок, які перетворилися на мілку і витягнуту затоку. Їх виникнення на узбережжі було пов'язане із численними коливаннями рівня морів, які відбувалися в четвертинному періоді.

У лиманах дно переважно вкрито мулом. Лимани утворені в гирлах річок, зазвичай мають постійний притік великої кількості прісної води. Ці фактори визначають особливості цього біоценозу. Солоність води достатньо низька, є велика кількість органічних речовин, добре прогрівання сонцем. Це створює гарні умови для розвитку планктонних організмів.

Ключова ідея

Характерною особливістю Чорного моря є наявність на глибині понад 150–200 м зони, насиченою сірководнем. Найбільш продуктивною зоною обох морів є шельфова зона. Характерними для регіону біоценозами є лимани, які є затопленими частинами річкових гирл або балок.

Перевірте свої знання

1. Які особливості притаманні екосистемам лиманів? 2. Які особливості притаманні екосистемам естуаріїв? 3. Чому організми безкисневої глибоководної зони Чорного моря представлені прокаріотичними організмами, а багатоклітинні тварини там відсутні? 4*. Як на стані біоценозів Чорного та Азовського морів позначається проникнення інвазійних видів?

§ 84. Моря України. Охорона біорізноманіття

Поміркуйте

Які причини могли вплинути на суттєві зміни екосистем Чорного та Азовського морів у XX столітті

Згадайте

Що таке заповідник?

З якою метою створюють заказники?

Фактори, які впливають на біорізноманіття морів

На біорізноманіття Чорного та Азовського морів впливають як природні, так і антропогенні фактори. Уплив антропогенних факторів постійно зростає, особливо протягом останніх ста років, і продовжує зростати.

З природних факторів слід відмітити особливості циркуляції водних мас в обох морях, значний потік прісної води з кількох великих річок (Дунай, Дніпро, Південний Буг, Дон) та зміни клімату. Останній фактор можна вважати також антропогенним, бо клімат змінюється значною мірою під впливом людської діяльності.

Антропогенними факторами є значне забруднення побутовими та промисловими відходами по всьому узбережжю. Також великий вплив має промисловий вилов риби та завезення інвазійних видів. Надзвичайно велику проблему становлять води великих річок, які виносять у моря велику кількість забруднень, що потрапили до них з усієї території стоку.

Можливі шляхи збереження морського біорізноманіття

Збереження біорізноманіття морів можливе лише за спільної дії всіх країн регіону. Але в межах України також слід докладати максимум зусиль для досягнення цієї мети. Варто проводити перехід на нові технології

виробництва з мінімальним забруднення середовища, а також удосконалювати системи очищення промислових та побутових відходів.

Обов'язковим є формування системи природоохоронних територій, яка буде забезпечувати збереження як окремих видів організмів, так і цілих природних комплексів.

Природоохоронні території морів України

Найбільшими природоохоронними територіями, які забезпечують охорону біорізноманіття узбережжя та акваторії морів України, є національні парки, природні та біосферні заповідники.

Національні парки

Парк	Місце розташування	Інформація
Азово-Сиваський	Херсонська область	Створений у 1993 році. Площа 52 тис. га
Білобережжя Святослава	Миколаївська область	Створений у 2009 році. Площа 35 тис. га
Джарилгацький	Херсонська область	Створений у 2009 році. Площа 10 тис. га
Меотида	Донецька область	Створений у 2009 році. Площа 13 тис. га
Приазовський	Запорізька область	Створений у 2010 році. Площа 78 тис. га
Тузовські лимани	Одеська область	Створений у 2010 році. Площа 27 тис. га
Чарівна гавань	АР Крим	Створений у 2009 році. Площа 6 тис. га

Заповідники

Заповідник	Місце розташування	Інформація
Казантипський природний заповідник	АР Крим	Створений у 1998 році. Площа 450 га. Охороняє типові та унікальні степові природні комплекси узбережжя Азовського моря та прилеглу морську акваторію
Карадазький природний заповідник	АР Крим	Створений у 1979 році. Площа 2 800 га. Аквально-скельний комплекс Карадагу занесений до Рамсарського переліку водно-болотних угідь міжнародного значення
Мис Мартьян	АР Крим	Створений у 1973 році. Площа 240 га. Охороняє територію Нікітського ботанічного саду та прилеглу акваторію Чорного моря
Опуцький природний заповідник	АР Крим	Створений у 1998 році. Площа 1 500 га. Охороняє степові ландшафти та аквакомплекс Чорного моря

Дунайський біосферний заповідник	Одеська область	Створений у 1998 році. Площа 50 тис. га. Охороняє цінні біоценози дельти Дунаю. Включений до світової мережі біосферних резерватів
Чорноморський біосферний заповідник	Херсонська та Миколаївська області	Створений у 1927 році. Площа 109 тис. га. Включає морську акваторію та дрібні острови у Тендрівській і Ягорлицькій затоках. Місце масового гніздування та міграцій птахів

Ключова ідея

На біорізноманіття Чорного та Азовського морів впливають як природня, так і антропогенні фактори. Найбільшими природоохоронними територіями, які забезпечують охорону біорізноманіття узбережжя та акваторії морів України, є національні парки, природні та біосферні заповідники.

Перевірте свої знання

1. Які антропогенні фактори можуть впливати на морське біорізноманіття? 2. Які національні парки України забезпечують охорону морських екосистем? 3. Які заповідники України забезпечують охорону морських екосистем? 4*. Які заходи можна запропонувати для збереження біорізноманіття морських екосистем України?

КОМПЕТЕНТНІСНО ОРІЄНТОВАНІ ЗАВДАННЯ

1. Прочитайте уривок з оповідання Г. Квітки-Основ'яненка «Сердешна Оксана». З'ясуйте, який тип тварин описано в уривку. Чому цих організмів називають дорогоцінним каменем моря? Які види ви знаєте? Підготуйте презентацію.

Оксана раділа подарунку. Не кожна красуня в селі може похизуватися такими красивими червоними коралами. Їх привіз їй тато із Криму, куди їздив із чумаками по сіль. Цей подарунок обійшовся татові у 10 дукатів. Оксані було цікаво, де добувають такі красиві камені. Якими ж було її здивування, коли вона дізналася, що корали – дарунок моря.

2. Ернест Хемінгуей, американський письменник і журналіст, лауреат Нобелівської премії з літератури, свого часу мовив: «Людина в морі ніколи не буває самотньою». Що мав на увазі Хемінгуей? Чи поділяєте його думку?
3. Складіть схему ланцюга живлення, що склався в Чорному та Азовському морі. Порівняйте схеми однокласників.
4. Ще донедавна в Азовському морі виловлювали риби в 35 разів більше, ніж в Чорному, й у 12 разів більше, ніж у Балтійському. У морі водилося понад 114 видів риби. Чому ж сьогодні води Азова знаходиться на межі екологічної катастрофи? Чим зумовлений цей кризовий стан? Чи можливе відновлення екосистеми моря?
5. За допомогою методу Fishbone поясніть головні причини екологічної кризи Азова. Обговоріть результати роботи.

Тема 16. Біологія як основа біотехнології та медицини

§ 85. Одомашнення рослин та тварин

Поміркуйте

Чому людина змогла одомашнити лише деякі види тварин?

Згадайте

Які існують види домашніх тварин?

Які існують види домашніх рослин?

Одомашнення рослин

Одомашнення — це процес змін популяцій рослин або тварин, завдяки якому вони стають пристосованими до утримання в неволі й використання їх людиною. Одомашнення відбувається з метою отримання від рослин і тварин продуктів харчування, промислової продукції (шкіра, волокно тощо) або в інших цілях (транспорт, охорона та ін.).

Одомашнення рослин людиною відбувалося незалежно в різних регіонах нашої планети. Самі регіони, у яких відбувалося одомашнення, мали певні особливості. Крім сприятливих кліматичних умов, потрібна була ще наявність певних видів рослин із досить великими плодами, достатня кількість населення та певні соціальні умови для можливості утворення осілих поселень. Тому існувало лише кілька центрів походження рослин. Виявив ці центри видатний учений, генетик і селекціонер М. І. Вавилов.

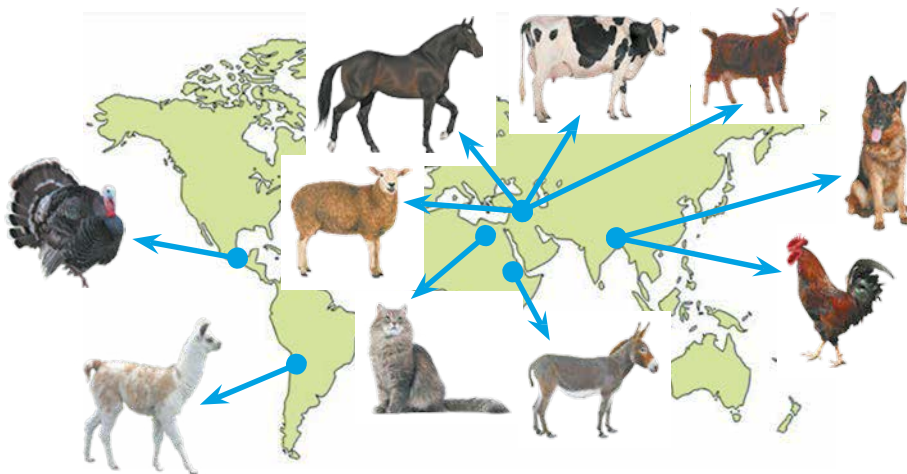
Основні центри походження культурних рослин

Назва центру	Місце розташування	Рослини, які походять із цього центру
Східноазіатський	Китай	Просо, соя, мандарин, ліщина, волоський горіх
Індо-малайський	Малайський архіпелаг, Філіппіни, Індокитай	Банан, кокосова пальма, помаранча, чорний перець, рис
Індійський	Індія, Бірма	Баклажан, лимон, манго, гречка, огірок
Середньоазіатський	Частина Пакистану, Афганістан, Таджикистан, Узбекистан	Диня, цибуля городня, часник, конопля
Передньоазіатський	Мала Азія, Закавказзя, Іран, частина Туркменістану	Пшениця, жито, ячмінь, горох, слива, груша, фінікова пальма
Середземноморський	Балкани, Греція, Італія	Оливкове дерево, виноград, гірчиця, капуста, морква, буряк, кріп

Ефіопський	Ефіопія, Судан, Еритрея	Сорго, кава, кавун, кола, кунжут
Центральноамериканський	Центральна Америка, Антильські острови	Кукурудза, какао, батат, соняшник, тютюн
Південноамериканський	Гірські райони Колумбії, Еквадору, Перу, Болівії	Картопля, помідор, арахіс, ананас, гевея

Одомашнення тварин

Процес одомашнення тварин міг відбуватися двома способами. Перший — класичне утворення мутуалістичних взаємовідносин між двома видами. Такі зв'язки часто виникають у природних екосистемах. Другий — цілеспрямоване приручення людиною тварин для одержання від них певних продуктів (м'яса, шерсті тощо).



Центри походження домашніх тварин

Першим способом відбувалося одомашнення собак і котів. Сучасні домашні собаки пройшли процес одомашнювання приблизно 10 тисяч років тому на території Євразії.

Коти стали домашніми трохи пізніше. Вони зайняли нішу «мисливців на гризунів», коли в Передньоазіатському центрі походження рослин почали створювати запаси зерна. Ці запаси стали об'єктом нападу гризунів і, відповідно, причиною одомашнення котів.

Інших домашніх тварин люди приручали цілеспрямовано в період від 8 до 2 тисяч років тому. Більшість домашніх тварин було одомашнено на території Євразії в тих самих місцях, де розміщувалися центри походження

культурних рослин. Тільки індики, морські свинки і лами були одомашнені в Америці.

Закономірності одомашнювання

Якщо подивитися на те, де і які тварини одомашнювалися, то можна помітити дивні розбіжності. Так, 10 тисяч років тому в Євразії жило 72 види ссавців із масою тіла більше ніж 30 кг. Із них людина одомашнила 13 видів. В Африці (на південь від Сахари) в ці часи був 51 такий вид і не було одомашнено жодного з них. В Америці з 24 підходящих видів одомашнили одну-єдину ламу. В Австралії єдиним претендентом був один із видів кенгуру (усі інші були надто маленькими), який так і не став домашнім.

Справа в тому, що для успішного одомашнювання виду він повинен відповідати певним вимогам. Тварини повинні достатньо швидко рости, бути невибагливими до їжі, утворювати в природних умовах групи з певною соціальною структурою (стада або зграї), не виявляти до людини надмірної агресивності тощо. І якщо хоч одна з вимог не виконується, одомашнювання виду виглядає вкрай сумнівним. Так, одомашнення зебр не відбулося саме через надмірну агресивність цих тварин. А одомашнення слонів було невигідним через надто тривалий період їх вирощування. Хоча приручення диких слонів не складало надто важкої проблеми й успішно здійснювалося як у давнину, так і відбувається сьогодні.

Ключова ідея

Люди одомашнювали рослин і тварин у період від 10 до 2 тисяч років тому. Існує кілька центрів походження культурних рослин і домашніх тварин. Найважливіші види культурних рослин були одомашнені на території Євразії, Центральної та Південної Америки. Більша частина домашніх тварин була одомашнена на території Євразії. Для успішності процесу одомашнювання види тварин повинні були відповідати певним вимогам.

Перевірте свої знання

1. Назвіть види культурних рослин і домашніх тварин. 2. Які існують центри походження культурних рослин? 3. Які тварини були одомашнені на території Америки? 4. Де було здійснено одомашнення кішки? 5*. Складіть список культурних рослин, яких вирощують у вашій місцевості, і розподіліть їх на групи за місцем походження. 6*. Зебри надзвичайно важко піддаються процесу одомашнення. Запропонуйте гіпотезу, яка пояснює цей факт.

§ 86. Поняття про селекцію

Поміркуйте

Навіщо людині треба проводити селекцію домашніх рослин і тварин?

Згадайте

Які закони спадковості сформулював Г. Мендель?

У яких випадках можливе відхилення успадкування ознак від законів Г. Менделя?

Селекція

Селекція — це наука про методи створення нових сортів і гібридів рослин, порід тварин і штамів (генетично однакових) мікроорганізмів. Завдяки селекції вдалося отримати велику різноманітність форм одомашнених живих організмів.

Історія селекції почалася з процесу одомашнення перших тварин і рослин. Тоді це було стихійним і не мало наукового підґрунтя. Сучасна селекція базується на досягненнях класичної генетики і молекулярної біології.

У процесі селекції живі організми розвивають ознаки, у яких має потребу людина, наприклад, більшу врожайність, великий розмір зерна, швидкий ріст, збільшення відкладень жиру під шкірою тощо. Однак досягається це шляхом перерозподілу ресурсів організму, тому одомашнені форми часто мають меншу стійкість до захворювань і несприятливих погодних умов.

Методи селекції

Методи селекції рослин, тварин і мікроорганізмів досить різноманітні. Але використовуються вони з урахуванням особливостей біології кожної з груп. Тому технології селекційних досліджень для цих груп організмів дещо відрізняються. Методи селекції можна поділити на класичні й методи з використанням молекулярно-біологічних технологій.

Класичні методи селекції організмів

Метод селекції	Сутність методу	Де застосовується
Масовий добір	Відбір багатьох особин із потрібними ознаками без урахування ознак батьків. Найдавніший і найпростіший метод селекції	Переважно в селекції рослин і мікроорганізмів, у селекції тварин дуже рідко через малу кількість нащадків у тварин
Індивідуальний добір	Відбір одиничних особин із потрібними ознаками з урахуванням ознак батьків і складанням родоводів (у селекції тварин)	В усіх галузях селекції

Створення чистих ліній	Виведення гомозиготних особин з однаковим генотипом по великій кількості генів	У селекції рослин, тварин і мікроорганізмів
Гібридизація:	Штучне схрещування особин із різними ознаками	
— віддалена гібридизація	Схрещування особин, які є представниками різних видів	Переважно в селекції рослин. У тварин більша частина таких гібридів є неплідною
— споріднене схрещування (інбридинг)	Схрещування особин однієї породи або навіть з однієї родини	У селекції тварин
— неспоріднене схрещування (аутбридинг)	Схрещування особин різних порід	У селекції тварин і рослин

Особливості селекції рослин

Селекція рослин ведеться за багатьма напрямками залежно від того, як використовується та чи інша культура. Відповідно, напрями селекції для пшениці, картоплі або яблуні будуть різнитися. Але є й певні спільні риси селекційних робіт із різними рослинами. До основних напрямів селекції більшості культур можна віднести такі:

- підвищення врожайності;
- зміна тривалості вегетаційного періоду або його частин;
- стійкість до абіотичних факторів середовища;
- стійкість до захворювань і шкідників;
- якість продукції;
- технологічність.

Особливості селекції тварин

Селекція тварин характеризується тим, що від однієї тварини досить важко отримати велику кількість нащадків. Особливо це стосується самиць, бо в ситуації із самцями можна використовувати штучне запліднення і таким чином суттєво збільшити кількість нащадків від одного самця.

З методів селекції найбільш активно у тваринництві використовують споріднене схрещування (інбридинг) та неспоріднене (аутбридинг). Також для тварин широко використовується складання родоводів, і відстежити генетичну історію представників найбільш цінних порід можна на кілька десятків поколінь.

Особливості селекції мікроорганізмів

Мікроорганізми активно використовуються в різноманітних біотехнологічних виробництвах. Тому їх селекція спрямована на задоволення потреб промисловості. Також селекцію мікроорганізмів використовують у наукових дослідженнях для застосування штамів із певними властивостями. Мікроорганізми розмножуються швидко, але потребують спеціального поживного середовища для розведення і захисту від потрапляння до колоній сторонніх мікроорганізмів.

Ключова ідея

Селекція — це наука про методи створення нових сортів і гібридів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Методами селекції є масовий та індивідуальний добір, гібридизація, віддалена гібридизація, споріднені й неспоріднені схрещування.

Перевірте свої знання

1. Що таке селекція? 2. Які існують методи селекції? 3. Що таке віддалена гібридизація і де її застосовують? 4. Навіщо потрібно створювати чисті лінії? 5*. Які особливості можуть бути притаманними селекції мікроорганізмів? 6*. На конкретних прикладах поясніть, чому методи селекції рослин і тварин відрізняються.



www.shutterstock.com · 1682791738

Різнноманіття сортів яблук

§ 87. Традиційні та сучасні біотехнології

Поміркуйте

Навіщо і де людина використовує процеси бродіння?

Згадайте

Як давно людина використовує домашніх тварин і культурні рослини? З якою метою?

Біотехнологія

Біотехнологія — це сукупність промислових методів, які застосовують для виробництва різних речовин із використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ. Сам термін «біотехнологія» з'явився в 70-х роках XX століття. Він походить від грецьких слів «*біос*» — життя, «*технос*» — мистецтво, майстерність, «*логос*» — слово, вчення.

Але насправді біотехнологічні принципи людина розробила вже давно. Використання мікроорганізмів для випікання хліба, виготовлення сиру та інших молочних продуктів, виноробства, пивоваріння триває вже не одну тисячу років. Просто люди тоді ще не знали, що всі ці процеси здійснюють мікроорганізми.

Біотехнологію умовно поділяють на два розділи: традиційна і сучасна.

Традиційна біотехнологія

Традиційна біотехнологія заснована на явищі ферментації — використанні у виробничих процесах ферментів мікроорганізмів. Саме на цьому явищі ґрунтується виробництво хліба, пива, вина, кисломолочних продуктів, оцту. Продуктами діяльності мікроорганізмів є такі вироби, як кефір, ряжанка, йогурти, кумис. Без процесу ферментації неможливо, наприклад, виготовити сир.

У цій галузі використовують мікроскопічні гриби й бактерії. Це пекарські дріжджі (для виготовлення хліба), аспергіли (для виготовлення сирів), термофільні стрептококи та болгарська молочна паличка (для виготовлення йогуртів та інших кисломолочних продуктів), інші мікроорганізми.

Нові напрями біотехнології

Нові методи біотехнології охоплюють такі напрямки, як клітинна та генетична інженерія. Вони почали активно розвиватися із 60-х років XX століття, коли було встановлено роль ДНК у спадковості й розкрито механізми реалізації спадкової інформації.

Клітинна інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології культивування клітин і тканин поза організмом у штучних умовах. Окрім того, клітинна інженерія — це про розробку і використання технології гібридизації клітин.

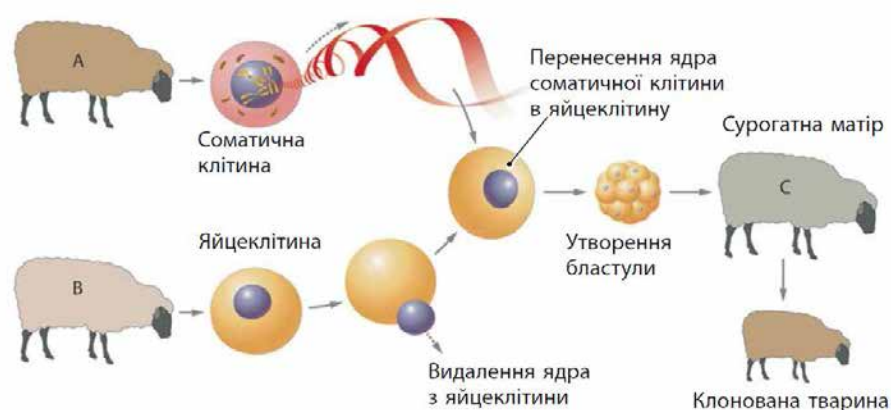
Генетична інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології виділення генів з організмів і окремих клітин, їх видозмінення й уведення в інші клітини або організми.

Клітинна інженерія

Існує кілька напрямків практичного використання розроблених у галузі клітинної інженерії технологій.

Перспективні напрями використання технологій клітинної інженерії

Напрямок	Сфера застосування
Отримання промисловим шляхом цінних біологічноактивних речовин рослинного походження	Фармація, побутова хімія, харчова промисловість
Використання тканинних і клітинних культур для швидкого клонального мікророзмноження та оздоровлення рослини	Сільське та лісове господарство
Отримання гібриду шляхом злиття різних клітин, наприклад, ракової клітини і лімфоцита в одну клітину	Фармація, медицина, біотехнологічна промисловість



Технологія клонування тварин

Одним із напрямів клітинної інженерії є клонування тварин і рослин. Клонування рослин, наприклад, дозволяє дуже швидко розмножувати найбільш цінні особини рослин, які відрізняються гарною врожайністю, підвищеною стійкістю до хвороб або іншими якостями. Особливо важливо це для вирощування дерев, бо значно підвищує швидкість їх розмноження.

Генетична інженерія

Суть генетичної інженерії полягає в штучному створенні генів із потрібними властивостями і введення їх у відповідну клітину. Перенесення гена здійснює вектор (рекомбінантна ДНК) — спеціальна молекула ДНК, сконструйована на основі ДНК вірусів або плазмід, яка містить потрібний ген і здатна транспортувати його до клітини та забезпечити його вбудовування в її генетичний апарат.

Для маркування певних клітин організмів у молекулярно-генетичних дослідженнях використовують ген GFP, виділений із медузи. Він забезпечує синтез флуоресцентного білка, який світиться в темряві.

Генетична інженерія широко використовується як у наукових дослідженнях, так і в новітніх методах селекції.

Ключова ідея

Біотехнологія — це сукупність промислових методів, які застосовують для виробництва різних речовин із використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ. Традиційна біотехнологія ґрунтується на явищі ферментації — використанні у виробничих процесах ферментів мікроорганізмів. Сучасними напрямками біотехнології є клітинна та генетична інженерія.

Перевірте свої знання

1. Що таке біотехнологія? 2. Що називається ферментацією? Які продукти виготовляють за допомогою цього процесу? 3. Що таке клітинна інженерія? 4. Що таке генетична інженерія? 5. Для чого використовують технології клітинної інженерії? 6*. Які біологічні та екологічні проблеми можуть виникати під час використання технологій генетичної інженерії?

§ 88. Генетично модифіковані організми

Поміркуйте

Чому в багатьох випадках використання мікроорганізмів для синтезу потрібної речовини є менш витратним, ніж її хімічний синтез?

Згадайте

Як бактерії обмінюються генетичною інформацією?

Що таке плазміда?

Що таке генетично модифіковані організми

Генетично модифіковані організми (ГМО) — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генетичної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК. Інша назва генетично модифікованих організмів — трансгенні організми.

Трансгенні організми можуть мати велике значення для підвищення ефективності сільського господарства та під час досліджень у галузі молекулярної біології. Перші генетично модифіковані організми, одержані за допомогою методів молекулярної біології, з'явилися лише у 80-х роках XX століття.

Генетична модифікація організмів у природі

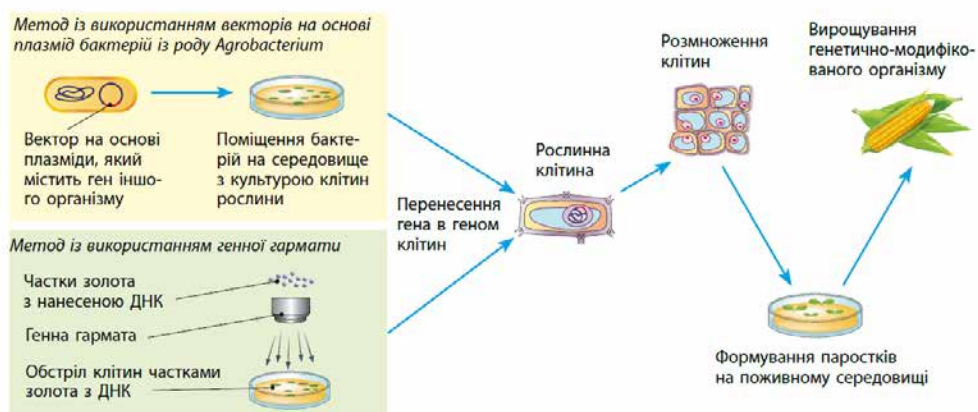
Але людина не може вважатися першовідкривачем технології рекомбінантних ДНК. Такі процеси є дуже давніми і поширеними серед живих організмів. Віруси уражають усі групи живих організмів та інколи випадково переносять гени від одних видів до інших. Цей процес має назву горизонтального перенесення генів. Він відіграє важливу роль в еволюції.

Першими перенесення генів почали використовувати бактерії. Цей процес у них відомий як **трансдукція** — перенесення бактеріальних генів іншим бактеріям за допомогою бактеріофагів. Трансдукція є одним з основних механізмів обміну генами в прокаріотів. Існує вона не менш ніж три мільярди років.

Історія еукаріотів теж не обійшлася без цієї технології. Походження цитоскелета, без якого неможлива життєдіяльність усіх еукаріотів (у тому числі людини), теж пов'язують із горизонтальним перенесенням генів від бактерій за допомогою вірусів.

Та процес триває й нині. Нещодавні дослідження виявили обмін геном між рисом та просом, і людина не мала до цього жодного стосунку. Також було виявлено перенесення генів від паразитичної бактерії вольбахії до геному її хазяїв — комах і червів. А в однієї з груп коловерток горизонтальне перенесення генів узагалі замінило статевий процес.

В еволюції людини такі перенесення генів також траплялися неодноразово. Докладний аналіз свідчить про те, що 1 % геному людини — це гени вірусів. Однак у більшості випадків вони є генетичним сміттям, оскільки були знешкоджені системами захисту нашого геному. А деякі з цих «сторонніх» генів стали для нас конче необхідними. Саме гени ретровірусів, убудовані в наш геном, забезпечують роботу плаценти й дозволяють нам (як і іншим ссавцям) виношувати дитину в організмі матері.



Технології створення ГМО

Як створюють генетично модифіковані організми

Створення генетично модифікованих організмів складається з кількох етапів. Спочатку отримують потрібний ген, вилучаючи його з відповідного організму. Наступним етапом є введення гена до складу вектора. Вектор — це молекула ДНК, зазвичай створена на основі одного з вірусів або бактеріальної плазміди, яка містить ген, потрібний для введення в організм.

Для використання вектор потрібно перенести в організм, який потрібно модифікувати. Це можна зробити кількома різними способами. ДНК просто вводять у ядро клітини шляхом ін'єкції. Його проникнення можна забезпечити, застосувавши електричні розряди, які підвищують проникність клітинної мембрани. Також використовують транспортування векторів у клітину всередині ліпосом (мікрокульок, стінки яких побудовані з ліпідів). А ще можна напряду бомбардувати клітину мікрочастинками золота або ванадію, на поверхню яких нанесено вектори.

Завершується створення генетично модифікованих організмів виявленням клітин, у яких вектор вбудувався в ДНК, а новий ген почав працювати з подальшим їхнім відбором і розмноженням.

Ключова ідея

Генетично модифіковані організми — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК. Процеси, аналогічні технологіям створення генетично модифікованих організмів, часто трапляються в природі й існують уже кілька мільярдів років.

Перевірте свої знання

1. Що таке генетично модифіковані організми? 2. Чи відбувається генетична модифікація організмів у природних умовах? 3. Чи потрапляли в процесі еволюції гени інших організмів до геному людини? 4*. Які морально-етичні проблеми може спричинити використання ГМО?

Цікава інформація

Значним досягненням наукової спільноти стало створення генетично модифікованого сорту рису, відомого, як «золотий рис». Завдяки генам із нарцису та бактерії ервінії, цей рис отримав здатність виробляти бета-каротин і став чудовим джерелом вітаміну А.

Щороку у світі через дефіцит цього вітаміну в продуктах харчування помирає від 1 до 2 млн людей. Свою назву цей сорт рису отримав завдяки золотистому кольору своїх насінин.

§ 89. Роль генетичної інженерії в сучасних біотехнологіях і медицині

Поміркуйте

Чому розвиток генетичної інженерії розпочався тільки у другій половині XX століття?

Згадайте

Що таке біотехнологія?

Які методи використовує сучасна біотехнологія?

Проблеми та перспективи використання технології генетичної інженерії

Питання про перспективу використання генетичної інженерії під час вирощування сільськогосподарської сировини продовжує дискутуватися з-поміж дослідників і споживачів. Серед позитивних аргументів — підвищена врожайність, екологічні переваги, захист від шкідників. З іншого боку, непевність частини споживачів щодо безпечності нових технологій.

Теоретично негативний вплив, наприклад, трансгенних рослин на інші організми можливий через наявність в організмі рослин біологічно активних речовин (інсектициди, фунгіциди та ін.). Вплив цих речовин може бути прямої або опосередкованої дії через трофічні ланцюги. Однак до сьогодні достовірних експериментальних даних про негативний вплив трансгенних рослин, стійких до шкідників, на нецільові організми не отримано. Також за 30 років досліджень не було виявлено достовірних експериментальних даних щодо негативного впливу ГМО на тих, хто споживав їх у їжу.

У Європі модифіковані рослини сої та кукурудзи для виготовлення харчових продуктів дозволено з 1997 року, а харчові ферменти, добавки, одержані в результаті генної інженерії, використовують понад двадцять років. Слід зазначити, що ГМО-продукти є дешевшими, ніж продукти звичайної селекції, і можуть містити корисні для людей сполуки.

Виробництво лікарських препаратів

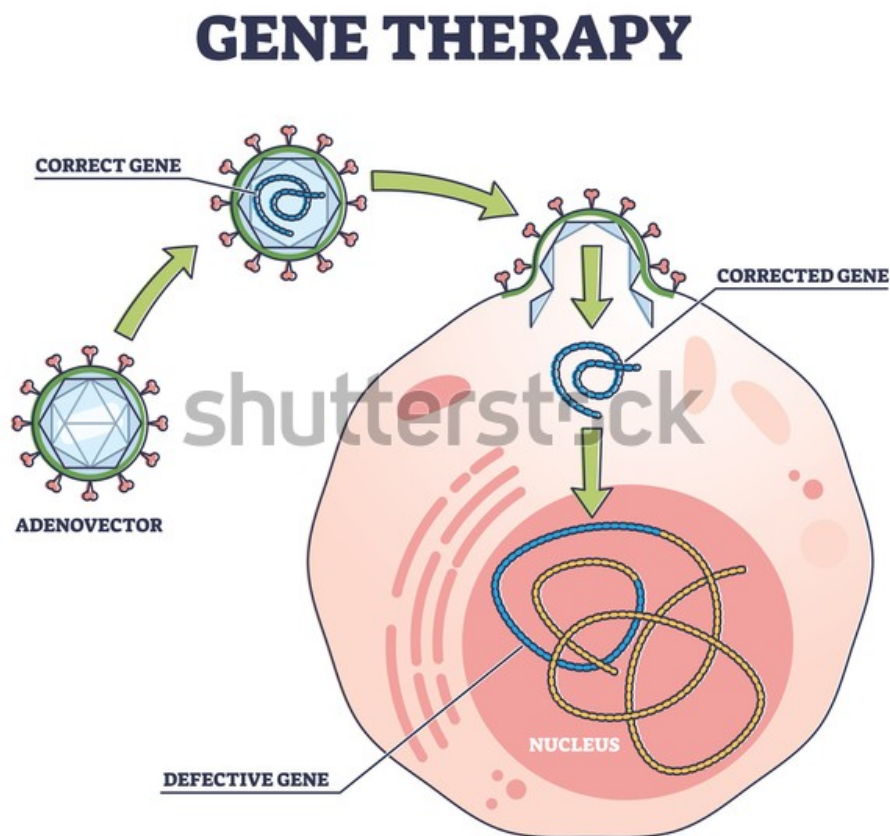
Без генетично модифікованих організмів, які виробляють лікарські препарати, наразі важко уявити сучасну медицину. Деякі препарати просто неможливо отримати іншим способом. Використовують такі ліки вже досить давно. З 1982 року розпочалося масове застосування інсуліну, виробленого генетично модифікованою бактерією.

Крім інсуліну, за допомогою генетично модифікованих організмів виробляють гормон росту, інтерферон, препарати для лікування інфаркту міокарда, препарати для лікування муковісцидозу, низки форм раку та інших захворювань.

Діагностика захворювань

Для діагностики захворювань лікарі активно використовують технології генетичної інженерії. Діагностувати таким чином можна інфекційні, спадкові захворювання, а також різні форми раку.

Ця діагностика ґрунтується на розпізнаванні специфічних ділянок нуклеїнових кислот — ДНК або РНК. Такий метод має дуже велику чутливість і високу надійність.



www.shutterstock.com · 2023269848

Технологія генної терапії

Генна терапія

Генна терапія — це сукупність технологій, яка забезпечує внесення змін у генетичний апарат соматичних клітин людини. Головне її призначення — лікування спадкових захворювань. Основна ідея — замінити дефектний ген у клітинах на нормальний. Для цього з організму спочатку виділяють клітини, вводять у них здоровий ген і поміщають клітини назад. Таку терапію проводять, наприклад, для гена тимідинкінази у людей із тяжкою формою імунodefіциту.

Генна терапія вже має приклади успішного застосування, але поки що всі ці дослідження є експериментальними. Адже технологія ця складна й потребує докладного вивчення можливих ризиків і негативних наслідків.

Використання в сільському господарстві

У сільському господарстві генетично модифіковані рослини в комерційних масштабах використовують із 1994 року. Основний напрям використання — отримання рослин із підвищеною стійкістю до захворювань, шкідників або природних умов. Важливим напрямом є також отримання плодів із покращеною здатністю до зберігання. А найбільш перспективним напрямом використання у тваринництві є отримання молока від генно модифікованих тварин. Це молоко може містити дорогі або рідкісні білки, які застосовують у медицині і які неможливо виробити за допомогою бактерій.

Ключова ідея

Найбільш перспективними напрямками використання генетичної інженерії в сучасних біотехнології й медицині є виробництво лікарських препаратів, генна терапія, діагностика захворювань і виробництво сільськогосподарської продукції. Трансгенні організми можуть мати велике значення для підвищення ефективності сільського господарства та під час досліджень у галузі молекулярної біології. За 30 років досліджень не було отримано достовірних даних щодо негативного впливу ГМО на людину та інші види живих організмів.

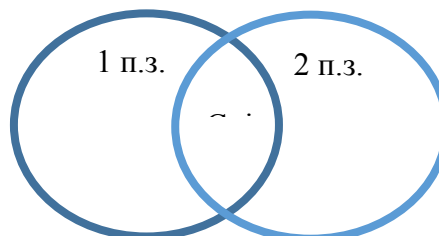
Перевірте свої знання

1. Як досягнення генетичної інженерії використовують: а) у наукових дослідженнях; б) у медицині; в) у сільському господарстві? 2. Порівняйте технології класичної селекції і технології створення ГМО. Про які переваги чи які недоліки можна говорити? 3*. Які біологічні та екологічні проблеми можуть виникнути через використання ГМО? 4*. Які морально-етичні проблеми можуть виникнути під час використання технологій генетичної інженерії? 5*. Чи може людство обійтися без використання технологій генетичної інженерії? Відповідь обґрунтуйте.

Компетентнісно орієнтовані завдання

1. За допомогою діаграми Венна розподіліть твердження щодо методів селекції рослин і тварин. З'ясуйте, які твердження спільні. Яке значення мають методи селекції для людини?

Твердження: віддалена гібридизація, суміш пилку, підбір плідників за нащадками, аутбриндінг, інбриндінг, індивідуальний добір, поліпоїдія, масовий добір, штучний мутагенез,



2. Використовуючи мережу Інтернет та за допомогою технології SWOT-аналізу, промоніторте сильні та слабкі сторони, можливості та загрози використання ГМО в повсякденній діяльності людини

Сильні сторони	SWOT- аналіз Використання ГМО в повсякденній діяльності людини	Слабкі сторони
Можливості		Загрози

3. Створіть схему, розмістивши в ній наведені поняття: буряк, гірчиця, Ефіопський центр, кава, капуста, мандарин, Середземноморський центр, соя, Східноазіатський центр, центри походження культурних рослин.

4. Творча робота. Створіть ментальну карту (мапу думок) «Захворювання, які теоретично можна лікувати за допомогою технологій генетичної інженерії». Відповідь обґрунтуйте.

5. Яке значення відіграють біотехнології в галузях діяльності людини: медицина, сільське господарство, енергетика, охорона природи. Наведіть приклади.

Узагальнення

§ 90. Основні загальні властивості живих систем

Поміркуйте

Чому треба вивчати біологію?

Згадайте

Які особливості притаманні живим організмам?

Як організми передають спадкову інформацію?

Основні загальні властивості живих систем

Живі системи є досить різноманітними. Але всі вони мають спільні властивості. До таких властивостей належать єдність хімічного складу, наявність обміну речовин і енергії, здатність до саморегуляції, самовідтворення, росту й розвитку, мінливість.

Єдність хімічного складу

Живі системи побудовані на основі органічних молекул. До складу цих молекул входять Карбон, Оксиген, Гідроген, Нітроген, Фосфор і Сульфур. Інші елементи в живих системах трапляються в меншій кількості. Органічні речовини в них представлені нуклеїновими кислотами, білками, ліпідами й вуглеводами.

Наявність обміну речовин

Живі системи є відкритими системами. Тобто вони можуть існувати лише за умови постійного обміну речовиною, енергією й інформацією з навколишнім середовищем. Окрім того, всередині живих систем також відбувається інтенсивний обмін речовин, енергії та інформації між окремими частинами системи (органелами клітин, органами організму, організмами в екосистемі).

Здатність до саморегуляції, росту й розвитку

Живі системи завдяки безперервному обміну речовин і енергії постійно перебувають у стані динамічної рівноваги. Процеси, які відбуваються в них, урівноважують один одного. Наявність обміну речовин також робить можливим ріст і розвиток живих систем. Завдяки потоку енергії, яка через них проходить, вони можуть рости і збільшувати свою складність (розвиватися).

Здатність до самовідтворення, мінливість

Унікальною здатністю живих систем є можливість самовідтворення. Навіть неклітинні форми життя (віруси) здатні за допомогою клітин-хазяїв

виробляти свої копії. А з процесами відтворення клітин і багатоклітинних організмів ви докладно ознайомилися в попередніх розділах підручника. Але, якби живі системи тільки самовідтворювалися, їхній розвиток і еволюція були б неможливими. Тому ще одна важлива властивість живих систем — мінливість. Щоразу, коли жива система самовідтворюється, її копія не є абсолютно тотожною. Ці невеликі (а у випадку мутацій і великі) відмінності є матеріалом для еволюції.

Ключова ідея

До основних загальних властивостей живих систем належать єдність хімічного складу, наявність обміну речовин і енергії, здатність до саморегуляції, здатність до самовідтворення, мінливість, здатність до росту й розвитку.

Перевірте свої знання

1. Які об'єкти можна віднести до живих систем? 2. Які загальні властивості мають живі системи? Поясніть на конкретних прикладах. 3. Які переваги надає живим системам здатність до саморегуляції? 4. Які переваги надає живим системам здатність до мінливості? 5. Чому деякі вчені не відносять вірусів до живих організмів?

Лабораторна робота

- Тема.** Вивчення структурно-функціональної різноманітності клітин
- Мета:** ознайомитися зі структурно-функціональною різноманітністю клітин на прикладі клітин різних тканин тварин та рослин.
- Обладнання й матеріали:** мікропрепарати, електронні мікрофотографії та малюнки клітин м'язової, епітеліальної й нервової тканин тварин, покривної, провідної, основної тканин рослин.

Хід роботи

1. Розгляньте на малюнках і мікропрепаратах клітини м'язової тканини тварин. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які функції виконують ці клітини.
2. Розгляньте на малюнках і мікропрепаратах клітини нервової тканини тварин. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які функції виконують ці клітини.
3. Розгляньте на малюнках і мікропрепаратах клітини епітеліальної тканини тварин. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які функції виконують ці клітини.
4. Розгляньте за збільшення мікроскопа 64× препарат корінця цибулі. Знайдіть зону поділу клітин. Розгляньте за збільшення мікроскопа 160× меристематичні (твірні) клітини. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які функції виконують ці клітини.
5. Розгляньте за збільшення мікроскопа 64× препарат стебла липи. Замалюйте побачені провідні тканини. Позначте на малюнку ксилему і флоему. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які функції виконують ці клітини.
6. Розгляньте за збільшення мікроскопа 64× препарат епідерми листка соняшника. Зверніть увагу на продихи. Розгляньте за збільшення мікроскопа 160× клітини продиху та клітини, що його оточують. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які функції виконують ці клітини.
7. Розгляньте за збільшення мікроскопа 64× зріз листка. Знайдіть основну тканину й розгляньте її клітини за збільшення мікроскопа 160×. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які функції виконують ці клітини.
8. На підставі розглянутих мікропрепаратів та електронних мікрофотографій зробіть висновки щодо зв'язку особливостей будови тканин тварин і рослин з функціями, що вони виконують.

Практична робота

- Тема.** Розв'язування елементарних вправ зі структури білків та нуклеїнових кислот
- Мета:** удосконалити навички розв'язування елементарних вправ зі структури білків та нуклеїнових кислот.
- Обладнання й матеріали:** підручник, зошит.

Теоретичний мінімум

Визначення маси й довжини амінокислот

- Маси нуклеотидів, амінокислот, білків і нуклеїнових кислот вимірюють у дальтонах (Да). Середня молекулярна маса однієї амінокислоти дорівнює 110 Да. Середня молекулярна маса одного нуклеотиду ДНК дорівнює 330 Да, а одного нуклеотиду РНК — 345 Да.
- Лінійний розмір нуклеотидів, амінокислот, білків і нуклеїнових кислот вимірюють у нанометрах (нм). Середня довжина однієї амінокислоти — 0,35 нм. Середня довжина одного нуклеотиду — 0,34 нм.

Приклади розв'язання задач

Елементарна вправа зі структури білків

Задача

Маса білка — 22 000 Да. Яка довжина цієї молекули в нанометрах?

Розв'язання:

1. Спочатку визначаємо кількість амінокислот у молекулі:

$$22\,000 \text{ Да (загальна маса молекули)} / 110 \text{ Да (середня маса амінокислоти)} = 200 \text{ амінокислот}$$
2. Далі визначаємо довжину молекули:

$$200 \text{ амінокислот} \times 0,35 \text{ нм} = 70 \text{ нм}$$

Відповідь: довжина молекули білка становить 70 нм.

Елементарна вправа зі структури ДНК

Задача

До складу фрагмента ДНК входить 300 нуклеотидів (ця кількість включає нуклеотиди з обох ланцюгів подвійної спіралі). Визначте довжину й масу цього фрагмента ДНК. Враховуючи те, що з цих 300 нуклеотидів 50 є гуаніновими, визначте кількість аденінових, тимідилових і цитиділових нуклеотидів у цьому фрагменті.

Розв'язання:

1. Спочатку визначаємо довжину молекули ДНК. Молекула складається з двох ланцюгів, що з'єднані один з одним. Відповідно, довжина кожного з ланцюгів (і всієї молекули в цілому) становить 150 пар нуклеотидів.

Тоді довжина молекули в нанометрах буде дорівнювати:

$$150 \text{ (кількість нуклеотидів в одному ланцюгу)} \times 0,34 \text{ нм (середня довжина одного нуклеотиду)} = 51 \text{ нм}$$

2. Далі визначаємо масу молекули.

$$300 \text{ нуклеотидів} \times 330 \text{ Да (середня маса одного нуклеотиду)} = 99\,000 \text{ Да}$$

3. Потім визначаємо кількість нуклеотидів.

У молекулі ДНК кількість аденілових нуклеотидів дорівнює кількості тимідилових, а кількість гуанілових — кількості цитиділових, адже ці нуклеотиди утворюють лише такі сполучення. Якщо в молекулі 50 гуанілових нуклеотидів, то цитиділових також 50.

Розраховуємо кількість тимідилових і аденілових нуклеотидів.

$$300 \text{ (загальна кількість нуклеотидів)} - 50 \text{ (кількість гуанілових)} - 50 \text{ (кількість цитиділових)} = 200 \text{ (загальна кількість аденілових і тимідилових нуклеотидів)}$$

Кількість аденілових і тимідилових нуклеотидів однакова, тому кількість кожного з них буде дорівнювати:

$$200 / 2 = 100$$

Відповідь: довжина молекули ДНК становить 51 нм, маса — 99 000 Да, вона містить по 50 гуанілових і цитиділових нуклеотидів і по 100 аденілових і тимідилових.

Хід роботи

1. Ознайомтеся з інформацією рубрики «Теоретичний мінімум».
2. Використовуючи цю інформацію, розв'яжіть задачі:
 1. Маса білка — 71 500 Да. Яка довжина цієї молекули в нанометрах?
 2. До складу фрагмента ДНК входить 200 нуклеотидів (ця кількість включає нуклеотиди з обох ланцюгів подвійної спіралі). Визначте довжину й масу цього фрагмента ДНК. Враховуючи те, що з цих 200 нуклеотидів 40 є гуаніловими, визначте кількість аденілових, тимідилових і цитиділових нуклеотидів у цьому фрагменті.
3. Зробіть висновок, указавши в ньому основні особливості ДНК і білків.

Практична робота

- Тема.** Розв'язування елементарних вправ з реплікації, транскрипції та трансляції
- Мета:** удосконалити навички розв'язування елементарних вправ з реплікації, транскрипції та трансляції.
- Обладнання й матеріали:** таблиця генетичного коду, підручник, зошит.

Алгоритм розв'язання вправ

За правилом комплементарності, в подвійному ланцюгу ДНК кожному гуаніловому нуклеотиду (Г) відповідає цитиділовий (Ц), а тимідиловому (Т) — аденіловий (А). Тому під час встановлення послідовності нуклеотидів у другому ланцюгу за зразком першого ланцюга в процесі реплікації слід дотримуватися правила: $G \leftrightarrow C, A \leftrightarrow T$.

Наприклад:

ДНК (1-й ланцюг): АТГЦГАГТ

ДНК (2-й ланцюг): ТАЦГЦТЦА

У процесі транскрипції за зразком ланцюга ДНК утворюється ланцюг РНК. У цьому випадку, за правилом комплементарності, нуклеотидам у ланцюгу ДНК будуть відповідати такі нуклеотиди РНК: гуаніловому (Г) відповідає цитиділовий (Ц), цитиділовому (Ц) — гуаніловий (Г), тимідиловому (Т) — аденіловий (А), а аденіловому (А) — уридиловий (У).

Наприклад:

ДНК: АТГЦГАГТ

РНК: УАЦГЦУЦА

Хід роботи

- Розгляньте послідовність нуклеотидів в одному ланцюгу фрагмента ДНК:
 - АТГТАЦТЦГГЦГАТААЦА
 - ГЦААЦЦГАТТГТЦТТАЦТ
 - ААЦАГТГТТТЦТГТЦАТТ
 - ТАЦТАГЦАГЦГТЦГГАЦТ

Виконайте вправу з реплікації, добудувавши до неї комплементарний ланцюг ДНК.
- Розгляньте послідовність нуклеотидів в одному ланцюгу фрагмента ДНК:
 - ТАЦТЦАЦТАЦАТЦГЦТГ
 - ТАЦЦЦГТЦТЦТТЦЦТАЦТ
 - ТАЦТААЦААЦГАТЦААТТ
 - ТАЦАТГТЦГАЦЦГЦГАТЦ

Використовуючи таблицю генетичного коду, визначте продукти, що утворюються внаслідок транскрипції та подальшої трансляції ділянки ДНК.
- Зробіть висновок, у якому вкажіть основні властивості генетичного коду, і запишіть його в зошит.

Лабораторне дослідження

- Тема.** Мінливість у рослин і тварин
Мета: ознайомитися з модифікаційною й мутаційною мінливістю у рослин і тварин, навчитися будувати варіаційний ряд, ознайомитися із нормальними та мутантними формами дрозофіл та зробити їх порівняння.
Обладнання і матеріали: колекції листків або хвоїнок, колекція комах, лінійка, лупи, фотографії або малюнки нормальних і мутантних (три-чотири лінії) форм дрозофіл, підручник, робочий зошит.

Хід дослідження

1. Розгляньте колекцію листків або хвоїнок, відберіть 15 листків або хвоїнок.
2. Виміряйте довжину всіх листків (хвоїнок) і запишіть її в зошиті.
3. Побудуйте варіаційну криву, розташувавши по горизонталі виміряні листки в послідовності від найменшого до найбільшого значення, а по вертикалі відклавши їхню довжину.
4. Розгляньте колекцію комах, відберіть комах одного виду.
5. Виміряйте довжину тіла всіх комах і запишіть її в зошиті.
6. Побудуйте варіаційну криву, розташувавши по горизонталі результати вимірювань комах у послідовності від найменшого до найбільшого значення, а по вертикалі відклавши їхню довжину тіла.
7. Розгляньте зображення нормальних екземплярів дрозофіл (дика форма). Визначте й запишіть характерні ознаки: колір тіла, форму крил, колір очей.
8. Розгляньте зображення мутантних екземплярів дрозофіл (усіх наявних форм). Визначте й запишіть характерні ознаки: колір тіла, форму крил, колір очей.
9. Запишіть особливості кожної з мутантних форм, за якими вона відрізняється від нормальних особин.
10. Зробіть висновок, у якому вкажіть, з якими характерними особливостями модифікаційної та мутаційної мінливості ви ознайомилися.

Практична робота

- Тема.** Складання схем схрещування
Мета: удосконалити навички складання схем схрещування й розв'язування елементарних генетичних задач.
Обладнання й матеріали: таблиці із зображенням схем законів Г. Менделя, роздавальні картки із задачами, підручник, зошит.

Алгоритм складання схеми схрещування

1. Визначення й запис генотипів батьків, виходячи з умов задачі.
2. Визначення гамет, що утворюють генотипи батьків. При цьому слід урахувати, що кількість типів гамет, що утворює особина, визначають за формулою $X = 2^n$, де X — кількість типів гамет, що утворює особина, а n — кількість гетерозиготних генів у генотипі цієї особини.
3. Побудова решітки Пеннета. При цьому слід урахувати, що кількість стовпців і рядків у цій таблиці дорівнює кількості типів гамет, що утворюють материнська й батьківська особини.
4. Визначення генотипів і фенотипів нащадків, які утворюються в результаті схрещування, шляхом аналізу генотипів, що утворилися внаслідок сполучення гамет у відповідних комірках решітки Пеннета.

Хід роботи

1. Задача на моногібридне схрещування.

Складіть схему схрещування і запишіть розв'язання задачі.

У квасолі алель чорного забарвлення насіння (A) домінує над алелем білого забарвлення (a). Визначте генотипи і фенотипи нащадків у схрещуванні $Aa \times Aa$.

2. Задача на дигібридне схрещування.

Складіть схему схрещування і запишіть розв'язання задачі.

У рослини один ген визначає висоту рослини (домінантний алель A — висока рослина, рецесивний алель a — карликова рослина), а другий ген — забарвлення плодів (домінантний алель B — червоні плоди, рецесивний алель b — жовті плоди). В обох випадках домінування повне. Схрестили рослини з генотипами $AaBb$ і $aaBb$. Визначте генотипи і фенотипи нащадків першого покоління.

3. Задача на схрещування, зчеплене зі статтю.

Складіть схему схрещування і запишіть розв'язання задачі.

У дрозофіл ген B , який визначає колір тіла, розташований у X -хромосомі. Його домінантний алель (B) зумовлює сіре забарвлення тіла, а рецесивний алель (b) — жовте забарвлення тіла. Схрестили самку, яка має жовтий колір тіла, із самцем, тіло якого має сіре забарвлення. Які генотипи й фенотипи матимуть нащадки від цього схрещування?

4. Зробіть висновок, указавши особливості складання схем схрещування для кожного з типів задач.

Лабораторна робота

Тема. Вивчення будови клітин.

Мета: ознайомитися з особливостями будови клітин прокаріотичних та еукаріотичних організмів.

Обладнання й матеріали: мікропрепарати, електронні мікрофотографії та малюнки клітин прокаріотів та еукаріотів.

Хід роботи

- 1.** Розгляньте на малюнках і мікропрепаратах клітини бактерій. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які основні структури присутні у цих клітинах.
- 2.** Запишіть особливості будови і функцій цих структур.
- 3.** Розгляньте на малюнках і мікропрепаратах клітини одноклітинних зелених водоростей. Замалюйте їх у зошиті й запишіть, які основні структури присутні в цих клітинах.
- 4.** Запишіть особливості будови і функцій цих структур.
- 5.** На підставі розглянутих мікропрепаратів та електронних мікрофотографій зробіть висновки щодо схожих та відмінних особливостей будови прокаріотичних та еукаріотичних клітин.

Практична робота

Тема. Методи фенотипної ідентифікації видів за допомогою діагностичних ключів та таблиць.

Мета: ознайомитися з методами фенотипної ідентифікації видів за допомогою діагностичних ключів та таблиць.

Обладнання й матеріали: фотографії, малюнки, колекційні екземпляри видів рослин і тварин, визначники або визначні таблиці.

Хід роботи

1. Розгляньте екземпляр рослини або її зображення на малюнку чи фотографії.
2. Зверніться до першої пари теза/антитеза у визначнику чи визначній таблиці і встановіть, якій із них відповідає ознака рослини, що визначається.
3. Перейдіть за відповідним посиланням до наступної пари теза/антитеза. Повторюйте процедуру до визначення рослини до виду.
4. Розгляньте екземпляр тварини або її зображення на малюнку чи фотографії.
5. Зверніться до першої пари теза/антитеза у визначнику чи визначній таблиці і встановіть, якій із них відповідає ознака тварини, що визначається.
6. Перейдіть за відповідним посиланням до наступної пари теза/антитеза. Повторюйте процедуру до визначення тварини до виду.
7. Сформулюйте і запишіть у зошит висновок роботи.

Практична робота

Тема. Порівняння природного, штучного добору та генетичної модифікації

Мета: ознайомитися з особливостями природного, штучного добору та генетичної модифікації та порівняти ці процеси між собою.

Обладнання й матеріали: зошит, підручник, зображення живих організмів, сортів рослин, порід тварин і генетично модифікованих організмів.

Хід роботи

1. Використовуючи матеріали підручника, визначте характерні особливості природного добору і запишіть їх у порівняльну таблицю. Наведіть приклади організмів, які утворилися в результаті природного добору.
2. Використовуючи матеріали підручника, визначте характерні особливості штучного добору і запишіть їх у порівняльну таблицю. Наведіть приклади організмів, які утворилися в результаті штучного добору.
3. Використовуючи матеріали підручника, визначте характерні особливості технології отримання генетично модифікованих організмів і запишіть їх у порівняльну таблицю. Наведіть приклади організмів, які утворилися в результаті технології отримання генетично модифікованих організмів.
4. Сформулюйте висновки, у яких укажіть спільні та відмінні риси цих трьох процесів.

Практична робота

Тема. Порівняння будови та процесу розмноження клітинних і неклітинних форм життя

Мета: порівняти особливості будови та процеси розмноження клітинних і неклітинних форм життя на прикладі вірусів і бактерій.

Обладнання й матеріали: схеми будови клітини бактерій та вірусів, схема поділу бактеріальної клітини, схема розмноження вірусів, мікрофотографії клітини бактерій і віріонів вірусів, підручник, зошит.

Хід роботи

1. Розгляньте схему будови бактеріальної клітини на малюнку або фотографії.
2. Замалюйте схему будови клітини в зошиті. Укажіть на ній цитоплазму, бактеріальну хромосому і клітинну стінку.
3. Розгляньте схему будови віріона на малюнку або фотографії.
4. Замалюйте схему будови віріона в зошиті. Укажіть на ній білкову оболонку й нуклеїнову кислоту.
5. Розгляньте схему поділу бактеріальної клітини та схему розмноження вірусу.
6. Укажіть риси подібності й відмінності між поділом бактеріальної клітини та схемою розмноження вірусу.
7. Зробіть висновок, у якому вкажіть, які особливості будови й розмноження притаманні клітинним і неклітинним формам життя

Практична робота

Тема. Молекулярно-генетична ідентифікація видів за допомогою маркерних послідовностей ДНК

Мета: ознайомлення з технологією молекулярно-генетичної ідентифікації видів за допомогою маркерних послідовностей ДНК (BLAST-ідентифікація).

Обладнання і матеріали: комп'ютер із виходом в Інтернет, послідовності ДНК видів, які слід ідентифікувати.

Хід роботи

1. Зайдіть на сайт міжнародного консорціуму банків даних (INSDC) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/collab>)
2. Відкрийте ресурс BLAST.
3. Виконайте пошук послідовностей, схожих із наданими.
4. Проаналізуйте результати пошуку.
5. Зробіть висновок, у якому вкажіть значення молекулярно-генетичних методів досліджень для ідентифікації видової належності організму.

Практична робота

Тема. Розв'язування задач з екології.

Мета: навчитися складати блок-схеми енергетичних потоків в екосистемах різних типів, розраховувати ефективність переходу енергії на різних трофічних рівнях.

Обладнання і матеріали: підручник, калькулятор.

Пригадайте перед початком роботи

Правило екологічної піраміди: на кожному трофічному рівні харчового ланцюга втрачається в середньому близько 90 % енергії і тільки 10 % переходить на наступний рівень. Енергія спожитої їжі спрямовується на створення нових клітин, витрачається на енергетичний обмін (дихання), незасвоєна їжа (наприклад, клітковина) видаляється з організму.

Хід роботи

Розв'яжіть запропоновані задачі.

1. Користуючись правилом екологічної піраміди, розрахуйте частку енергії, яка доходить до останнього рівня трофічного ланцюга: троянда → попелиця → сонечко → павук → мухоловка → сорокопуд. Візьміть до уваги, що енергія, яка поглинається продуцентами, становить 100 %
2. Для трофічного ланцюга злаки → коники → жаби → змії → орли побудуйте екологічну піраміду енергії за правилом екологічної піраміди, якщо відомо, що продуценти використовують 1500 кДж енергії.
3. На одному дубі мешкає 1000 рослиноїдних комах. Складіть піраміду чисел, куди входять дуб, рослиноїдні комахи, комахоїдні і хижі птахи. Чи не

суперечить вид побудованої піраміди правилу екологічної піраміди?
Відповідь обґрунтуйте.

4. Сформулюйте висновок, у якому вкажіть, які параметри слід враховувати під час розв'язання екологічних задач

Проекти

Збереження раритетних видів біоти та природних комплексів (на прикладі певної природної зони або гірської країни)

План виконання проєкту

1. Обґрунтування актуальності вибраної теми. Формулювання мети та завдань проєкту.
2. Робота з джерелами інформації (як друкованими, так і електронними). Ознайомлення з основними термінами і поняттями, які будуть використовуватися у процесі виконання проєкту: природна зона, гірська країна, біота, природний комплекс, екологічні фактори, антропогенні фактори, антропогенне навантаження, природоохоронні заходи тощо.
3. Ознайомлення з методами і технологіями, які будуть використовуватися у процесі виконання проєкту: способи виявлення негативного впливу екологічних факторів на екосистеми, визначення рівні антропогенного впливу на довкілля, прогнозування можливих наслідків впливу факторів на довкілля тощо.
4. Вибір способів, які будуть найбільш ефективними для збереження раритетних видів біоти та природних комплексів.
5. Визначення послідовності дій та необхідних ресурсів для збереження екосистеми.
6. Аналіз можливого власного внеску у збереження біоти та природних комплексів і формулювання висновків та результатів проєкту.
7. Оформлення матеріалів проєкту та їх презентація.

Природа місцевості, де я живу. Чим питаюсь я та мої земляки

План виконання проєкту

1. Обґрунтування актуальності вибраної теми. Формулювання мети та завдань проєкту.
2. Робота з джерелами інформації (як друкованими, так і електронними). Ознайомлення з основними термінами і поняттями, які будуть використовуватися у процесі виконання проєкту: екосистема, місцевість, біоценоз, населення, антропогенне навантаження, охорона природи, пам'ятки природи тощо.
3. Ознайомлення з методами і технологіями, які будуть використовуватися у процесі виконання проєкту: способи виявлення негативного впливу на екосистеми, визначення рівні антропогенного впливу на довкілля, прогнозування можливих наслідків впливу факторів на довкілля тощо.
4. Вибір найбільш видатних природних об'єктів місцевості проживання.
5. Визначення потенційних ризиків для природних об'єктів місцевості проживання та можливих заходів для їх збереження.
6. Аналіз можливого власного внеску у збереження природних об'єктів своєї місцевості і формулювання висновків та результатів проєкту.
7. Оформлення матеріалів проєкту та їх презентація.

Заповідний куточок, який я мрію відвідати

План виконання проєкту

1. Обґрунтування актуальності вибраної теми. Формулювання мети та завдань проєкту.
2. Робота з джерелами інформації (як друкованими, так і електронними). Ознайомлення з основними термінами і поняттями, які будуть використовуватися у процесі виконання проєкту: природоохоронні об'єкти, заповідники, національні парки, заказники, природоохоронні заходи тощо.
3. Ознайомлення з методами і технологіями, які будуть використовуватися у процесі виконання проєкту: способи виявлення негативного впливу на екосистеми, визначення рівні антропогенного впливу на природоохоронні об'єкти, прогнозування можливих наслідків впливу факторів на природоохоронні об'єкти тощо.
4. Вибір природоохоронного об'єкта для відвідання та обґрунтування вибору.
5. Визначення найбільш цікавих компонентів вибраного природоохоронного об'єкта.
6. Створення інформаційних матеріалів про вибраний природоохоронний об'єкт та його основні компоненти і формулювання висновків та результатів проєкту.
7. Оформлення матеріалів проєкту та їх презентація.

Біологи й біологині України

Алексєєва Олена Семенівна (1926–2006)

Видатна українська селекціонерка. Працювала в галузі селекції гречки. Докторка сільськогосподарських наук, професорка. Заслужена діячка науки і техніки України.

О. С. Алексєєва опублікувала понад 350 наукових праць, створила світову колекцію генофонду гречки в Україні. Є засновницею наукової школи вчених із селекції, насінництва та технології вирощування гречки. За участі О. С. Алексєєвої засновано Тернопільську науково-виробничу систему «Гречка», виведено 30 сортів гречки, 12 з яких районовано.



Арінштейн Ганна Йосипівна (нар. 1913)

Дослідниця в галузі селекції та генетики. Під її керівництвом уперше було проведено оригінальні дослідження з використання методу індукованого мутагенезу в селекції ефіроолійних рослин, розроблено теоретичні основи селекції окремих культур. Є авторкою районованих сортів конопель, котячої м'яти, ірису, фіалки та інших культурних рослин.



Бордонос Марія Григорівна (1907–1997)

Українська генетикиня, кандидатка біологічних наук. Працювала в галузі селекції цукрових буряків. Лауреатка Ленінської премії (за створення нової форми рослини — однонасінного цукрового буряка).

Під час політичного переслідування генетики в Радянському Союзі на кілька років була відсторонена від роботи. Авторка понад 20 наукових праць.

Вернадський Володимир Іванович (1863–1945)

Український природознавець, засновник геохімії, біогеохімії та радіогеології, учення про біосферу. Професор Московського університету, один із засновників та перший президент Української академії наук. Організатор Комісії з вивчення вічної мерзлоти, ініціатор створення Міжнародної комісії з визначення абсолютного віку гірських порід радіоактивним методом. У своїх дослідженнях висунув проблеми ролі організмів у геохімічних процесах.



Гершензон Сергій Михайлович (1906–1998)

Відомий науковець, доктор біологічних наук, професор, академік НАН України. Працював у галузі генетики.

Проводив дослідження хімічного мутагенезу, мобільних генетичних елементів, зворотної транскрипції. Працював у галузі популяційної та молекулярної генетики. Досліджував механізми спадкової мінливості у природних популяціях.



Ковалевський Олександр Онуфрійович (1840–1901)

Видатний біолог та ембріолог. Один із засновників еволюційної ембріології та фізіології. Був професором університетів у Казані, Києві, Одесі й Санкт-Петербурзі. Засновник (разом з І. І. Мечниковим) теорії зародкових листків.

Один із засновників Севастопольської морської біологічної станції. Тривалий час (з 1892 по 1901 рік) був її директором.

**Липський Володимир Іполитович (1863–1937)**

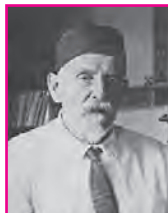
Видатний український флорист, систематик рослин, ботаніко-географ, член Київського товариства природодослідників. Вивчав флору Бессарабії, Кавказу. Одним з перших описав флору Індонезії, Тунісу, Алжиру та Середньої Азії. Відкрив і описав чотири нові для науки роди й понад 220 видів рослин, зібрав величезні колекції для природничих музеїв, написав понад 100 наукових праць.

**Мечников Ілля Ілліч (1845–1916)**

Усесвітньо відомий біолог і патолог, зоолог і ембріолог, бактеріолог та імунолог, засновник еволюційної ембріології та геронтології, автор теорії імунітету й запалення. 1882 року здійснив відкриття в галузі фагоцитозу, за що 1908 року одержав Нобелівську премію.

**Навашин Сергій Гаврилович (1857–1930)**

Ботанік, цитолог та ембріолог рослин, який працював у Київському університеті. Він заклав основи морфології хромосом і каріосистематики, відкрив 1898 року подвійне запліднення у покритонасінних рослин, створив вітчизняну школу цитології та ембріології рослин.

**Палладін Олександр Володимирович (1885–1972)**

Відомий науковець, професор, академік. Працював у галузі біохімії. Засновник української школи біохіміків. У 1946–1962 роках — президент АН України.

Першим розпочав вивчення біохімії нервової системи. Вперше в СРСР розпочав біохімічні дослідження вітамінів. Є засновником низки наукових напрямів. Серед них нейрохімія, біохімія харчування, порівняльна й еволюційна біохімія, біохімія спорту тощо.



Ремесло Василь Миколайович (1907–1983)

Видатний український селекціонер. Працював у галузі селекції пшениці.

Великою заслугою вченого є розробка та впровадження в селекційну практику методу отримання високоврожайних сортів озимої пшениці з підвищеною стійкістю до екстремальних умов. Створив і районував 20 сортів озимої пшениці, у тому числі відомий сорт «Миронівська-808». Автор понад 200 наукових праць, у тому числі 5 монографій.



Симиренко Левко Платонович (1855–1920)

Видатний український науковець, який працював у галузі помології.

Акліматизував і вивів нові сорти плодових дерев. Автор відомого сорту яблуні «Ренет Симиренко». Створив один з найбільших у Європі помологічних розсадників, який включав 900 сортів яблунь, 889 сортів груш, 350 сортів вишні й черешні та інші види плодових дерев.



Черненко Семен Федорович (1877–1974)

Видатний український селекціонер. Автор близько 50 наукових статей і 2 книг. Вивів понад 60 сортів яблунь і 10 сортів груш.

На території України вивів 16 сортів яблунь і 1 сорт груш. Потім працював в Інституті плодово-ягідних культур (місто Козлов, нині м. Мічуринськ).



Шмальгаузен Іван Іванович (1884–1963)

Один із найвидатніших науковців ХХ століття, професор Петербурзького та Київського університетів. Написав понад 200 наукових праць з еволюційної морфології, ембріології, експериментальної біології, екології, генетики і теорії еволюції, займався розробкою математичних методів біологічних досліджень, теоретик еволюційного вчення. Праці І. І. Шмальгаузена увійшли до золотого фонду вітчизняної і світової науки.



Юр'єв Василь Якович (1879–1962)

Видатний український селекціонер. Автор майже 100 наукових публікацій. Займався питаннями методики й організації селекції, сортовипробування і наслідництва сільськогосподарських культур. Вивів багато сортів озимої і ярої пшениці, проса, кукурудзи та інших культур.



Видатні науковиці, які працюють (працювали) у галузі біології

Арнольд Френсіс (нар. 1956)

Відома американська науковиця. Лауреатка Нобелівської премії 2018 року в галузі хімії (разом із Дж. Смітом та Г. Вінтером) за дослідження еволюції ферментів. Професорка та директорка центру біоінженерії Каліфорнійського технологічного інституту. Працює в галузі біохімії та хімічної технології. Розробила методи молекулярної керованої еволюції ферментів.

Блекберн Елізабет Елен (нар. 1948)

Відома австралійська й американська науковиця, цитогенетикиня. Лауреатка Нобелівської премії 2009 року в галузі фізіології та медицини (разом із К. Грейдер та Дж. Шостаком) за відкриття механізму захисту хромосом теломерами та ферментом теломеразою. Разом із К. Грейдер відкрила фермент теломеразу (1985 р.).

Грейдер Керол (нар. 1961)

Відома американська науковиця. Лауреатка Нобелівської премії 2009 року в галузі фізіології та медицини (разом з Е. Блекберн та Дж. Шостаком) за відкриття механізму захисту хромосом теломерами та ферментом теломеразою. Разом з Е. Блекберн відкрила фермент теломеразу (1985 р.). Працює в галузі молекулярної біології.

Дейвіс Кей Елізабет (нар. 1951)

Британська генетикиня, професорка анатомії Оксфордського університету. Директорка відділу функціональної генетики Ради медичних досліджень, очільниця медичного благодійного фонду Wellcome Trust, директорка Оксфордського центру генної функції. 2008 року удостоєна Лондонським королівським товариством Круніанської медалі за досягнення в розробці пренатального тесту на м'язову дистрофію Дюшенна.

Йонат Ада (нар. 1939)

Видатна ізраїльська науковиця. Лауреатка Нобелівської премії 2009 року в галузі хімії (разом із Т. Стейцем та В. Рамакрішнаном) за дослідження структури та функції рибосом. Вона першою застосувала низькотемпературну білкову кристалографію. Досліджує вплив антибіотиків на рибосому. Працює в галузі кристалографії.

Корі Герті Тереза (1896–1957)

Видатна американська біохімікня. Лауреатка Нобелівської премії 1947 року в галузі фізіології та медицини (разом зі своїм чоловіком К. Корі та Б. Усаєм) за відкриття каталітичного перетворення глікогену. На честь подружжя Корі було названо цикл Корі — метаболічний цикл, у якому глюкоза в скелетних м'язах перетворюється на лактат.

Леві-Монтальчині Рита (1909–2012)

Відома італійська нейробиологиня. Лауреатка Нобелівської премії 1986 року в галузі фізіології та медицини (разом із С. Коеном) за відкриття факторів росту клітин. Заснувала фонд, який надавав допомогу африканським жінкам. Досліджувала процеси зростання й диференціації нервових клітин.

Мак-Клінток Барбара (1902–1992)

Відома американська цитогенетикиня. Лауреатка Нобелівської премії 1983 року в галузі фізіології та медицини за відкриття мобільних генетичних елементів. Працювала в галузі генетичних досліджень кукурудзи. Склала першу генетичну карту цієї рослини, з'ясувала роль центромер і теломер хромосом, розробила метод візуалізації хромосом кукурудзи.

Маргуліс Лінн (1938–2011)

Відома американська науковиця. Професорка Массачусетського університету. Авторка та пропагандистка теорії ендосимбіотичного походження еукаріотів та їхніх органел. Є однією з авторів назви таксону Еукаріоти. Тривалий час займалася дослідженням водоростей.

Нюсляйн-Фольхард Крістіана (нар. 1942)

Німецька біологиня, професорка й директорка Інституту біології у складі Товариства Макса Планка. 1991 року отримала нагороду Альберт Ласкер за основні медичні дослідження. 1995 році стала лауреаткою Нобелівської премії з фізіології і медицини за відкриття генетичного контролю ембріонального розвитку.

Франклін Розалінд (1920-1958)

Британська біофізикиня і кристалографиня, що зробила важливий внесок в розуміння структури ДНК, вірусів, вугілля і графіту. Франклін перш за все відома своїми роботами з отримання зображень шляхом дифракції рентгенівських променів на ДНК, завдяки яким Ватсон і Крік в 1953 році створили свою гіпотезу структури подвійної спіралі ДНК. Пізніше керувала роботами з дослідження вірусу тютюнової мозаїки та вірусу поліомієліту.

Шарпантьє Емманюель (нар. 1968)

Французька мікробіологиня. Професорка й директорка Інституту інфекційної біології. 2012 року Шарпантьє і Д. Дудна першими запропонували використання механізму CRISPR/Cas9 для запрограмованого редагування генів, що розцінюється як одне з найзначніших відкриттів в історії біології.

2020 року разом із Дженніфер Дудна отримала Нобелівську премію з хімії за відкриття генного редагування.

Словник

Адаптація (від латин. *adapto* — пристосовую) — пристосування живих організмів до певних умов середовища існування.

Алель (від латин. *allelos* — протилежний) — один із можливих станів (варіантів) гена, що визначає альтернативні варіанти розвитку певної ознаки.

Біологічна систематика (від грец. *sistemáticos* — впорядкований) — розділ біології, який формує єдину систему живого світу на основі виділення біологічних таксонів і відповідних назв, наданих за певними правилами (біологічної номенклатури).

Біотехнологія — сукупність промислових методів, що застосовують для виробництва різних речовин із використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ.

Вид — сукупність популяцій особин, подібних між собою за будовою, функціями, місцем в угрупованнях організмів, що населяють певний ареал і вільно схрещуються між собою у природі.

Ген (від давньогрец. *henos* — рід) — окрема ділянка ДНК, яка відповідає за утворення однієї або кількох ознак організму.

Генетика (від латин. *genetica* — походження) — наука, яка займається вивченням спадковості й мінливості живих організмів.

Генетичний код — відповідність між усіма можливими варіантами триплетів РНК і амінокислотами, які вони кодують.

Генетично модифіковані організми (ГМО) — організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генетичної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК.

Геном (від нім. *genom* — рід) — сукупність усієї спадкової інформації організму, що включає як гени, так і некодуючі ділянки ДНК.

Генотип — сукупність усіх генів організму, розміщених у ядрах клітин (у хромосомах) або в інших структурах цитоплазми (пластидах, мітохондріях, плазмідах). Генотип є спадковою основою організму. Він є носієм генетичної інформації, який контролює формування всіх ознак організму, тобто його фенотипу.

Домен — таксон найвищого рангу, який включає кілька царств живих організмів.

Еволюція (від латин. *evolutio* — розгортання) — процес змін живих організмів, який призводить до появи їх нових форм.

Екосистема — сукупність живих організмів, які мешкають у певному середовищі існування й утворюють з ним одне ціле.

Еволюційні фактори — явища та процеси, які змінюють генофонд популяції.

Консументи — гетеротрофні організми екосистем, які отримують органічні речовини, живлячись іншими живими організмами.

Локус (від латин. *locus* — місце) — місце розташування алелів певного гена на хромосомі.

Метаболізм (від грец. *metabole* — зміна) — закономірний порядок перетворення речовин і енергії в клітині, спрямований на її ріст, збереження та самовідтворення.

Мінливість — властивість живих організмів змінюватися.

Модифікації — фенотипові зміни, які виникають під впливом умов середовища. Модифікаційні зміни ознаки не успадковуються, але її діапазон (норма реакції) генетично зумовлений і успадковується.

Ноосфера (від грец. *noos* — розум, *sphaera* — сфера) — певний стан біосфери, за якого розумова діяльність людини стає визначальним фактором її розвитку.

Популяція (від латин. *populus* — населення) — це сукупність особин одного виду, які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію, функціонуючи й розвиваючись в одному або кількох угрупованнях живих організмів.

Природний добір — це диференційоване виживання більш пристосованих до певних умов існування особин у популяції.

Продуценти — автотрофні організми екосистем, які продукують органічні речовини.

Редуценти — гетеротрофні організми екосистем, які отримують органічні речовини, живлячись залишками живих організмів або продуктів їхньої життєдіяльності. Редуценти перетворюють мертву органіку на прості органічні та неорганічні речовини.

Рекомбінація — процес, коли ланцюжки ДНК розриваються на окремі фрагменти, які потім об'єднуються в іншому порядку. Найчастіше рекомбінація відбувається в клітинах еукаріотів під час мейозу. Проходить вона в профазі першого поділу й відома під назвою «кросинговер» (перехрещування хромосом).

Реплікація (від латин. *replicatio* — відбивати) — процес подвоєння ДНК перед поділом клітин.

Селекція (від латин. *selectio* — добір) — наука про методи створення нових сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів.

Спадковість — здатність організмів передавати особинам наступного покоління морфо-анатомічні, фізіологічні, біохімічні особливості своєї організації, а також характерні риси становлення цих особливостей у процесі онтогенезу.

Транскрипція (від латин. *transcriptio* — переписування) — процес синтезу ланцюга іРНК за зразком одного з ланцюгів ДНК.

Трансляція (від латин. *translatio* — перенесення) — процес синтезу білкової молекули з амінокислот згідно з інформацією молекули РНК.

Фенотип (від грец. *phaino* — виявляю, *typos* — відбиток, образ) — сукупність властивостей і ознак організму, що склалися на основі взаємодії генотипу з умовами зовнішнього середовища.

Хемосинтез (від латин. *chemo* — хімія, *synthesis* — поєднання) — процес утворення органічних речовин з неорганічних, який відбувається за рахунок енергії хімічних реакцій.

Біологія

З ПОГЛИБЛЕНИМ ВИВЧЕННЯМ БІОЛОГІЇ

Особливості підручника:

- розворотний принцип
- сучасна інфографіка на щодень
- узагальнювальні розвороти та мінідовідники
- серія компетентнісних завдань до кожної теми
- практикум

Інтернет-підтримка – це:

- унікальні електронні освітні ресурси (анімації, навчальні відеоролики, фрейми 3D-моделей)
- додатковий пізнавальний матеріал до кожного параграфа
- тести наприкінці кожної теми



Інтернет-підтримка

за QR-кодом
або посиланням
rnk.com.ua/100859